



**Rúben Miguel Marques Ramalho**

Licenciado em Biotecnologia

## **Controlo Oficial de Contaminantes no Pescado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professora Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Co-orientador: Doutor Pedro Miguel Nabais, Chefe da Divisão de Riscos Alimentares, ASAE

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Paula Amaro de Castilho, FCT/UNL

Arguente: Doutora Carla Alexandra Fino Alberto da Motta, INSA

Vogal: Prof. Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, FCT/UNL



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Junho, 2019**





**Rúben Miguel Marques Ramalho**

Licenciado em Biotecnologia

## **Controlo Oficial de Contaminantes no Pescado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professora Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Co-orientador: Doutor Pedro Miguel Nabais, Chefe da Divisão de Riscos Alimentares, ASAE

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Paula Amaro de Castilho, FCT/UNL

Arguente: Doutora Carla Alexandra Fino Alberto da Motta, INSA

Vogal: Prof. Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão, FCT/UNL



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Junho, 2019**



## **Controlo Oficial de Contaminantes no Pescado**

Copyright© 2019 Rúben Miguel Marques Ramalho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Com mais uma etapa muito importante da minha vida a terminar, é importante que seja feito o devido reconhecimento aqueles que sempre estiveram a meu lado, e que de certa forma que contribuíram para que tudo isto fosse possível.

Em primeiro lugar, quero mostrar o meu profundo agradecimento à Professora Ana Lúcia Leitão pelo facto de ter aceite o meu pedido e assim ter-me dado a oportunidade de realizar este trabalho com a sua ajuda e dedicação. O seu apoio, disponibilidade e incentivo contínuo foram não só a chave para a realização desta dissertação, mas também a chave que me cativou ao longo do meu percurso académico como aluno do Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar. Um obrigado também a todo o pessoal docente que fez parte deste mestrado, sem eles também não seria possível.

Logo de seguida, não posso deixar de agradecer à ASAE pela oportunidade que me foi dada de fazer parte da sua equipa durante seis meses. Foram meses com muito trabalho que contribuíram em muito para o meu desenvolvimento como profissional. Desta forma, um obrigado ao Dr. Pedro Nabais por me ter orientado ao longo deste percurso e a toda a restante equipa da Divisão de Riscos Alimentares, em especial ao Engenheiro César de Oliveira, que sempre se disponibilizaram para ajudar em tudo o que era necessário.

Aos meus colegas e amigos de mestrado, em especial à Ana Rita Marques, um obrigado por terem feito parte deste percurso. Fica na memória os almoços, lanches e tardes de estudo intensivas que fizeram de nós aquilo que somos hoje.

Por último, um muito obrigado ao meu pai e à mãe, porque sem eles o meu percurso académico seria inexistente. O apoio e incentivo prestado ao longo destes últimos anos foi essencial para que tudo isto fosse possível. À Ana (“Molly”), quero agradecer pelo facto de me ter aturado nesta última etapa e ter a paciência para me conseguir encaminhar no sentido correto.





## **Resumo**

A população portuguesa é das que mais consome pescado no mundo e dessa forma, o trabalho a desenvolver nesta dissertação teve como principal objetivo estimar a exposição a que a nossa população está sujeita aos metais pesados, mercúrio, cádmio e chumbo, provenientes do consumo de pescado. Assim, no âmbito do Plano Nacional de Colheita de Amostras, que é um plano de controlo oficial desenvolvido pela ASAE, foram analisadas as amostras de pescado colhidas entre 2016 e o primeiro trimestre de 2019, que tiveram como finalidade a quantificação de metais pesados (cádmio, chumbo, mercúrio) presentes nestas. Foram colhidas 257 amostras, registando-se um total de oito não conformidades que resultaram de quatro amostras que tinham na sua composição mercúrio acima do limite máximo legislado e outras quatro que apresentaram cádmio igualmente acima do limite definido para este.

A avaliação da exposição foi feita com base no consumo diário disponibilizado pelo Inquérito Nacional Alimentar e de Atividade Física e nas concentrações médias das determinações feitas pelos Laboratórios de Segurança Alimentar da ASAE para os metais pesados, sendo que foram utilizadas três médias diferentes. Os cálculos foram efetuados consoante o género e a faixa etária, e os resultados obtidos para as diferentes frequências de consumo semanal foram comparados com a dose semanal tolerável provisória correspondente. Concluiu-se que a faixa etária das crianças está em perigo se continuar a apresentar o mesmo consumo diário de pescado, uma vez que é a única faixa etária em que os valores de ingestão destes contaminantes ultrapassa o recomendado semanalmente em todas as médias utilizadas, em diferentes frequências de consumo. Relativamente ao género e às outras faixas etárias, o valor recomendado por semana, só é ultrapassado quando é utilizada a média das concentrações das amostras não conformes e das que se aproximam dessa situação, concluindo-se que a partir da segunda ou terceira refeição semanal já pode existir risco para a saúde.

**Palavras-Chave:** Consumo, pescado, metais pesados, cádmio, chumbo, mercúrio.



**Abstract**

The portuguese population is one of the major fish consumers in the world, therefore, the main goal of this dissertation is to estimate population exposure to the heavy metals, such as mercury, cadmium and lead through fish consumption. Therefore, in the scope of the National Sampling Plan, which is an official control plan developed by ASAE, the fish samples collected between 2016 and the first trimester of 2019 were analyzed to quantify heavy metals (cadmium, lead, mercury) present in these samples. A total of 257 samples were collected, resulting in a total of eight nonconformities, from four samples having mercury content above the legislated maximum limit and another four for showing cadmium also above the limit.

The exposure assessment was done based on the daily consumption provided by the National Food and Physical Activity Survey and the average concentrations of the tests made by the ASAE Food Security Laboratories for heavy metals. Calculations were made according to gender and age group, and the results obtained for the different frequencies of weekly consumption were compared with the corresponding Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI). It was concluded that the children are in danger if they continue to present the same daily consumption of fish, since it is the only age group in which the values of intake of these contaminants exceeds the weekly recommended in all averages used, in different frequencies of consumption. Relatively to the gender and other age groups, the recommended value per week is only exceeded when the mean of the concentrations of the non-compliant samples and those that are close to them is used, and it is concluded that from the second or third weekly meal risk may already exist.

**Keywords:** consumption, fish, heavy metals, cadmium, lead, mercury



## **Índice de Matérias**

1. Introdução.....	1
1.1 O valor nutricional do peixe e os benefícios associados ao seu consumo.....	1
1.1.1 Proteínas, vitaminas e minerais .....	3
1.1.2 Lípidos – A importância dos ácidos gordos no consumo do pescado .....	5
1.2 A evolução do sector da pesca e do seu consumo no Mundo .....	8
1.2.1 Evolução e caracterização do sector da pesca mundial .....	8
a) Captura de pescado no Mundo .....	8
b) Produção em aquicultura no Mundo .....	10
c) O consumo de pescado no Mundo .....	13
1.3 A evolução do sector da pesca e do seu consumo em Portugal.....	15
1.3.1 Evolução e caracterização do sector da pesca em Portugal .....	15
a) Captura de pescado em Portugal .....	16
b) Produção em aquicultura em Portugal .....	17
c) O consumo de pescado em Portugal .....	19
1.4 Metais contaminantes presentes no pescado.....	22
1.4.1 Mercúrio .....	22
1.4.2 Cádmio .....	27
1.4.3 Chumbo .....	30
1.4.4 Espectrofotometria de Absorção Atómica .....	32
1.5 Legislação .....	33
1.5.1 Regulamento (CE) N.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de janeiro de 2002.....	34
a) Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA).....	34
1.5.2 Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) .....	35
a) Plano Nacional de Colheita de Amostras (PNCA) .....	36
1.5.3 Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006.....	37
1.6 Objetivos .....	39
2. Materiais e Métodos .....	41
2.1 Amostragem .....	41
2.2 Determinação do teor de metais pesados .....	41
2.2.1 Mercúrio .....	42
2.2.2 Cádmio .....	42
2.2.3 Chumbo .....	42
3. Resultados e discussão .....	43
3.1 Análise de Conformidade.....	43
3.1.1 Conformidade das Amostras Colhidas em 2016 .....	43
3.1.2 Conformidade das Amostras Colhidas em 2017 .....	47
3.1.3 Conformidade das Amostras Colhidas em 2018 .....	50

3.1.4 Conformidade das Amostras Colhidas em 2019 .....	53
3.2 Estimativa da exposição da população portuguesa às concentrações médias dos metais pesados baseado nos dados de consumo de pescado do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física .....	57
3.2.1 Estimativa consoante o género .....	58
3.2.2 Estimativa consoante a faixa etária .....	60
3.3 Estimativa da exposição da população portuguesa às concentrações médias dos metais pesados, desprezando as determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação, baseado nos dados de consumo de pescado do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física .....	62
3.3.1 Estimativa consoante o género .....	63
3.3.2 Estimativa consoante a faixa etária .....	63
3.4 Estimativa da exposição da população portuguesa às concentrações médias dos metais pesados que se encontram acima do limite legal ou perto deste, baseado nos dados de consumo de pescado do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física .....	65
3.4.1 Estimativa consoante o género .....	66
3.4.2 Estimativa consoante a faixa etária .....	67
3.5 Cálculo da concentração necessária para atingir os valores da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) numa só dose .....	69
4. Conclusão.....	71
Bibliografia.....	75

## **Índice de Figuras**

<b>Figura 1.1</b> Estrutura química do ácido eicosapentanoico (EPA) e do ácido docosahexanoico (DHA). Adaptado de Holub & Holub (2004). .....	6
<b>Figura 1.2</b> Gráfico circular representativo da captura de pescado em águas interiores e águas marinhas em 2016 (FAO, 2018).....	9
<b>Figura 1.3</b> Gráfico circular (expresso em percentagem) referente à produção em aquicultura nos diferentes continentes (FAO, 2018) .....	11
<b>Figura 1.4</b> Gráfico circular representativo da produção em aquicultura em águas interiores e águas marinhas em 2016 (FAO, 2018) .....	12
<b>Figura 1.5</b> Consumo anual <i>per capita</i> de pescado entre 2013 e 2015. Adaptado de FAO (2018).....	14
<b>Figura 1.6</b> A evolução da produção, importação e exportação em Portugal entre 1961 e 2007. Adaptado de Almeida <i>et al.</i> (2015b).....	16
<b>Figura 1.7</b> Número total de capturas e de capturas por pescadores externos nos anos de 2015, 2016 e 2017. Adaptado de INE (2018). .....	16
<b>Figura 1.8</b> Capturas de crustáceos, moluscos e peixes em 2016 e 2017, expresso em percentagem. Adaptado de INE (2018). .....	17
<b>Figura 1.9</b> Número total de produção em aquicultura nos anos de 2015 e 2016. Adaptado de INE (2018). .....	18
<b>Figura 1.10</b> Produção em aquicultura de moluscos, peixes marinhos e peixes de água doce em 2015 e 2016, expresso em percentagem. Adaptado de INE (2018).....	19
<b>Figura 1.11</b> Gráfico de barras que representa o consumo de pescado em kg/ <i>per capita</i> /ano no ano de 2013, em Portugal, na Europa e no Mundo (FAO, s.d.) .....	20
<b>Figura 1.12</b> Balança alimentar portuguesa em 2012. Adaptado de INE (2017). .....	21
<b>Figura 1.13</b> Balança alimentar portuguesa em 2016. Adaptado de INE (2017). .....	21
<b>Figura 1.14</b> Estrutura química do Metilmercúrio (MeHg) .....	23
<b>Figura 1.15</b> Estrutura química do Dimetilmercúrio .....	23
<b>Figura 1.16</b> Ciclo de formação de metilmercúrio (MeHg). Adaptado de Arrifano (2011).....	24
<b>Figura 1.17</b> Estruturas químicas da Cisteína, Cisteína-MeHg e Metionina. Adaptado de Clarkson (1993). .....	25
<b>Figura 1.18</b> Consequências da exposição prolongada ao cádmio (Doença <i>Itai-itai</i> ). Adaptado de Fernandes & Mainier (2014).....	28
<b>Figura 3.1</b> Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao ano de 2016.....	44
<b>Figura 3.2</b> Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao ano de 2017.....	47
<b>Figura 3.3</b> Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao ano de 2018.....	51

<b>Figura 3.4</b> Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao primeiro trimestre de 2019. ....	53
---	----



## **Índice de Tabelas**

<b>Tabela 1.1</b> Composição nutricional de exemplos de espécies de pescado cru (por 100g). Adaptado de INSA (2015).....	2
<b>Tabela 1.2</b> Composição em ácidos gordos polinsaturados ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docohexaenóico (DHA) de algumas espécies de peixe. Adaptado de Bowen <i>et al.</i> (2016).....	7
<b>Tabela 1.3</b> Quantidade de pescado capturado em águas interiores e águas marinhas entre 2011 e 2016 (expresso em milhões de toneladas). Adaptado de FAO (2018).....	8
<b>Tabela 1.4</b> Exemplo do total de Capturas nos países da China, Japão, Islândia e Espanha nos anos de 2015 e 2016. Adaptado de FAO (2018) .....	10
<b>Tabela 1.5</b> Quantidade de pescado produzido em aquicultura em águas interiores e águas marinhas entre 2011 e 2016 (expresso em milhões de toneladas). Adaptado de FAO (2018).....	10
<b>Tabela 1.6</b> Dose Tolerável de Ingestão Semanal (DTS) do mercúrio proposta por várias entidades competentes.....	26
<b>Tabela 1.7</b> Teores máximos fixados para a presença de chumbo, cádmio e mercúrio no pescado, pelo Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão de 19 de dezembro.....	38
<b>Tabela 3.1</b> Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2016. LD - Limite de Detecção; LQ - Limite de Quantificação.....	44
<b>Tabela 3.2</b> Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2017. LD - Limite de Detecção; LQ - Limite de Quantificação.....	47
<b>Tabela 3.3</b> Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2018. LD - Limite de Detecção; LQ - Limite de Quantificação.....	50
<b>Tabela 3.4</b> Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas no primeiro trimestre de 2019. LD - Limite de Detecção; LQ - Limite de Quantificação.....	54
<b>Tabela 3.5</b> Concentrações médias finais das determinações feitas para o mercúrio, cádmio e chumbo.....	57
<b>Tabela 3.6</b> Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) estabelecidos para o mercúrio e cádmio em µg/kg de peso corporal/semana e em mg/kg de peso corporal/semana.....	58
<b>Tabela 3.7</b> Pesos médios corporais para cada faixa etária com a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) adequada a cada peso (EFSA, 2004).....	58
<b>Tabela 3.8</b> Consumo diário para cada género e respetivo consumo consoante a frequência com que acontece (IAN-AF, s.d.) .....	59
<b>Tabela 3.9</b> Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante o género.....	59
<b>Tabela 3.10</b> Consumo diário para cada faixa etária e respetivo consumo consoante a frequência com que acontece (IAN-AF, s.d.) .....	60
<b>Tabela 3.11</b> Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante a faixa etária.....	61

<b>Tabela 3.12</b> Concentrações médias finais das determinações feitas para o mercúrio, cádmio e chumbo, no decorrer dos anos de 2016, 2017, 2018 e primeiro trimestre de 2019, desprezando as determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação.....	62
<b>Tabela 3.13</b> Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante o género, utilizando as concentrações médias resultantes da eliminação das determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação.....	63
<b>Tabela 3.14</b> Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante a faixa etária, utilizando as concentrações médias resultantes da eliminação das determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação.....	64
<b>Tabela 3.15</b> Concentrações médias finais das determinações feitas para o mercúrio, cádmio e chumbo, que se encontravam próximas do limite máximo legislado ou que ultrapassavam esse limite, no decorrer dos anos de 2016, 2017, 2018 e primeiro trimestre de 2019.....	65
<b>Tabela 3.16</b> Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante o género, utilizando as concentrações médias das amostras que se encontravam próximas ou acima do limite máximo legislado.....	66
<b>Tabela 3.17</b> Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante a faixa etária, utilizando as concentrações médias das amostras que se encontravam próximas ou acima do limite máximo legislado.....	67
<b>Tabela 3.18</b> Concentração necessária, em mg/kg, para se atingir os valores da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) numa só dose, consoante o género.....	69
<b>Tabela 3.19</b> Concentração necessária, em mg/kg, para se atingir os valores da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) numa só dose, consoante a faixa etária.....	69

## **Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos**

APSA – Agência Portuguesa da Segurança Alimentar

ASAE – Autoridade de Segurança Alimentar e Económica

AAS - Espectrofotometria de Absorção Atómica (*Atomic Absorption Spectrometry*)

BHE – Barreira Hematoencefálica

BSE – Encefalopatia Espongiforme Bovina (*Bovine Spongiform Encephalopathy*)

Ca – Cálcio

Cd – Cádmiio

CE – Comissão Europeia

CONTAM – Painel sobre Contaminantes na Cadeia Alimentar (*Panel on Contaminants in the Food Chain*)

CVG-AAS - Espectrofotometria de Absorção Atómica por Geração de Vapor Químico (*Chemical Vapor Generation Atomic Absorption Spectrometry*)

DGFCQA – Direção-Geral do Controlo e Fiscalização da Qualidade Alimentar

DHA – Ácido Docosahexaenóico (*Docosahexaenoic Acid*)

DNA – Ácido Desoxirribonucleico (*Deoxyribonucleic Acid*)

DPA – Ácido Docosapentaenóico (*Docosapentaenoic Acid*)

DRA – Divisão de Riscos Alimentares

DTS – Dose Tolerável de Ingestão Semanal

EFSA – Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (*European Food Safety Authority*)

EPA – Ácido Eicosapentaenóico (*Eicosapentanoic Acid*)

ETAAS - Espectrofotometria de Absorção Atómica por Atomização Eletrotérmica (*Electrothermal Atomization Atomic Absorption Spectrometry*)

FAAS - Espectrofotometria de Absorção Atómica com Chama (*Flame Atomic Absorption Spectrometry*)

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

GFAAS - Espectrofotometria de Absorção Atómica em Forno de Grafite (*Graphite Furnace Atomic Absorption*)

HACCP – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (*Hazard Analysis and Critical Control Point*)

HDL – Lipoproteínas de alta densidade (*High Density Lipoproteins*)

Hg – Mercúrio

IGAE – Inspeção-Geral das Atividades Económicas

JECFA – *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*

K – Potássio

LD – Limite de Detecção

LDL – Lipoproteínas de baixa densidade (*Low Density Lipoproteins*)

LQ – Limite de Quantificação

LSA – Laboratórios de Segurança Alimentar

MeHg – Metilmercúrio

Mg – Magnésio

n-3 – Ómega-3

n-6 – Ómega-6

Pb – Chumbo

PFM – Programa de Fiscalização do Mercado

PNCA – Plano Nacional de Colheita de Amostras

PNCPI – Plano Nacional Plurianual Integrado

PNFA – Plano Nacional de Fiscalização Alimentar

PTWI – Dose Semanal Tolerável Provisória (*Provisional Tolerable Weekly Intake*)

PUFAs – Ácidos Gordos Polinsaturados (*Polyunsaturated Fatty Acids*)

Se – Selénio

TG – Triglicéridos

UE – União Europeia

UNO – Unidade Nacional de Operações

VLDL – Lipoproteínas de muito baixa densidade (*Very Low Density Lipoproteins*)

WHO – Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization*)

## **1. Introdução**

O conceito de segurança alimentar tem sofrido algumas alterações ao longo do tempo. Num conceito mais primordial, a segurança alimentar apresenta-se como sinónimo da disponibilidade de alimentos que permitam a sobrevivência do Homem. Atualmente, segurança alimentar pressupõe que todos os géneros alimentícios sejam controlados ao longo de toda a cadeia alimentar “do prado ao prato”, ou seja, desde o produtor primário até à venda ou fornecimento dos mesmos (Pinstrup-Andersen, 2009).

O corpo humano necessita de boas fontes de alimento para conseguir sustentar-se, e deste modo, o consumo de peixe tem um papel importante na dieta do Homem uma vez que este tem um excelente valor nutricional fornecendo ácidos gordos essenciais como o Ómega-3, proteínas, vitaminas e minerais. No entanto, o consumo está aliado a muitas preocupações devido ao risco que pode trazer aos consumidores humanos devido à contaminação que pode estar associada. No topo da cadeia alimentar podemos encontrar o peixe, que durante a sua vida, vai acumulando elevadas e diversas quantidades de certos elementos tóxicos, entre eles os metais pesados que entram no meio aquático, maioritariamente devido a ações provocadas pelo Homem, ou seja, por uma fonte antropogénica. O chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e o cádmio (Cd) são uma categoria de contaminantes tóxicos que são acumulados pelos peixes e qualquer um destes pode prejudicar a saúde quando estão concentrados no corpo humano acima dos níveis aceitáveis. Com tendência a ficarem acumulados nos órgãos e tecidos musculares dos peixes, o consumo destes causam riscos à saúde pública (Ozuni *et al.*, 2010).

### **1.1 O valor nutricional do peixe e os benefícios associados ao seu consumo**

O peixe é sinónimo de um alimento que possui um excelente valor nutritivo visto que é uma fonte proteica (actina, miosina, colagénio) com elevado valor biológico, vitamínica (vitaminas A, B, D, E) e mineral (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo) que participam no metabolismo e ajudam a regularizar as funções do corpo humano (Sidhu, 2003; EFSA, 2005). Na tabela 1.1 é possível observar a composição nutricional de diversas espécies de pescado, podendo observar que a água é, naturalmente, o maior constituinte do peixe, seguindo-se as proteínas (INSA, 2015).

**Tabela 1.1 Composição nutricional de exemplos de espécies de pescado cru (por 100 g). Adaptado de INSA (2015).**

Espécie de Peixe	Energia (kcal)	Lípidos (g)				Água (g)	Proteínas (g)	Vitaminas					Minerais				
		Totais	Saturados	Monosaturados	Polinsaturados			A (µg)	D (µg)	E (mg)	B <sub>3</sub> (mg)	B <sub>12</sub> (µg)	Ca (mg)	K (mg)	P (mg)	Mg (mg)	Na (mg)
Bacalhau fresco	76	0,5	0,1	0,1	0,2	80,0	17,8	7	1,0	0,60	5,6	1,0	15	360	200	26	65
Atum fresco	141	4,9	1,7	1,7	0,8	68,7	24,1	11	4,2	0,64	15	2,4	4	360	260	37	45
Carapau	105	2,9	0,7	0,8	0,9	75,6	19,7	15	4,1	0,37	8,7	5,7	69	400	260	33	80
Dourada	167	9,8	2,1	3,6	2,8	68,9	19,7	11	12	0,82	8,8	4,8	15	380	250	28	59
Robalo	145	7,9	1,8	2,0	1,7	71,8	18,5	36	5,0	0,17	6,2	1,3	52	350	230	38	95
Salmão	262	21,9	4,2	10	5,1	60,5	16,2	33	11	4,0	6,6	1,9	12	300	210	23	38
Sardinha Gorda	221	16,4	4,7	4,0	5,6	63,4	18,4	47	21	0,66	7,8	10	72	370	310	31	65

### **1.1.1 Proteínas, vitaminas e minerais**

As proteínas dos peixes desempenham um papel importante na nutrição humana em todo o mundo. Estas possuem excelentes cadeias de aminoácidos e características de digestibilidade. Outro aspeto importante relativamente às proteínas, que foi estudado anteriormente, é que estas proteínas diminuem o colesterol sérico através da inibição do colesterol e da absorção do ácido biliar e promovem o catabolismo do colesterol no fígado. Em suma, estas proteínas podem atuar como anti-hipertensivas, como estimulante da fibrinólise e tem ainda propriedades para combater a obesidade (Hosomi *et al.*, 2012).

As vitaminas e minerais são também nutrientes essenciais, contudo o seu objetivo não é obter energia, contrariamente aos lípidos. Os peixes, especialmente os peixes gordos, são boas fontes de vitaminas A e D, e em termos gerais, relativamente aos minerais, têm na sua composição, quantidades essenciais de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. A vitamina A é solúvel em gordura e é encontrada em pré-formas e provitaminas. A vitamina A preformada, que inclui retinol e compostos relacionados com este, é adquirido a partir de fontes animais, enquanto que as provitaminas A, tal como o  $\beta$ -caroteno e outros carotenóides são obtidos a partir de plantas. No entanto, ambas as formas desta vitamina têm propriedades antioxidantes e, portanto, podem desta forma contribuir para a inibição de radicais livres, assim, esta é importante para a imunidade mediada por células e para a imunidade humoral, logo uma deficiência em vitamina A pode contribuir para a suscetibilidade ao cancro. Os retinóides e outras espécies de vitamina A foram estudados e foi demonstrado que estes ajudam a prevenir o cancro devido à sua influência na proliferação e diferenciação epitelial. Este tipo de vitamina também é importante no desenvolvimento fetal e em diversas funções do corpo, tais como a visão, a pele e sistema imunitário. A vitamina A é mais abundante em peixes gordos, mais especificamente, no óleo de fígado de peixe (Maehre *et al.*, 2016).

Relativamente à vitamina D, esta é crucial no desenvolvimento e manutenção do tecido ósseo e esqueleto, conseguindo garantir as concentrações adequadas de cálcio e fosfato no plasma e tecido extracelular. Quando esta vitamina se encontra em deficiência no organismo pode levar uma diminuição do teor de cálcio e de fosfato, haver um amolecimento dos ossos, conhecido como raquitismo em lactentes e osteomalacia em adultos. Os humanos sintetizam a vitamina D quando estão expostos à luz solar, logo quando esta exposição é insuficiente pode ser tomada como medida alternativa o uso de suplementos alimentares na dieta. No caso da vitamina A, uma boa fonte desta vitamina é o óleo de fígado de peixe (Maehre *et al.*, 2016).

O  $\alpha$ -tocoferol é a forma biológica ativa da vitamina E como é mais conhecida. Esta vitamina tem propriedades antioxidantes e tem um papel importante na proteção das lipoproteínas contra o dano provocado pelos radicais livres. A vitamina E tem um papel que

promove o sistema imunitário e atua também em processos anti-inflamatórios e quando é administrada no corpo humano pode prevenir diversos cancros, tais como colorretal ou da próstata (Tsuji *et al.*, 2016).

A vitamina B é um grupo constituído por oito vitaminas solúveis em água que são importantes como partes de coenzimas e todas são importantes para as células e para o normal desenvolvimento do organismo bem como outras funções fisiológicas. No que respeita à vitamina B<sub>3</sub> ou niacina, esta é a terceira vitamina solúvel em água que foi descoberta e tem um papel vital no desenvolvimento do corpo humano. Quando os níveis desta vitamina são baixos, apresentando-se um cenário de carência, podem resultar problemas relacionados com a pele, digestão e no cérebro, logo esta vitamina ajuda no bom funcionamento cerebral, bem como do sistema nervoso, ajuda a prevenir o cansaço e contribui para a capacidade regenerativa da pele. A cobalamina (vitamina B<sub>12</sub>) é necessária para ajudar na adequada formação dos glóbulos vermelhos, na função neurológica e na síntese de DNA. Foi demonstrado que a vitamina B<sub>12</sub> é útil na estabilização genética e na reparação de DNA (Lule *et al.*, 2016).

O cálcio (Ca) é o mineral que se encontra em maior quantidade no corpo humano, com uma percentagem entre 1% a 2% do peso corporal, estimando-se que exista 1000 g a 1500 g distribuído pelo organismo de um adulto. A maioria do cálcio encontra-se nos ossos e dentes (99%) enquanto que o restante está localizado pelos diversos tecidos. Como mineral essencial, este desempenha diversas funções fundamentais na formação e regeneração do tecido ósseo, deste modo, é importante para garantir o crescimento e a obtenção de massa óssea (Bringel *et al.*, 2014).

Relativamente ao potássio (K), este é essencial para o normal funcionamento dos sistemas musculares, cardiovasculares, endócrinos, respiratórios e renais. Muitas das funções do corpo humano relacionadas com o potássio são derivadas do seu carácter iónico que gera gradientes de concentração. Este mineral é predominante no que respeita às espécies osmoticamente ativas dentro das células, em conjunto com o sódio, o potássio participa na regulação do balanço ácido-base, bem como no crescimento e divisão celular, na glicogénese, síntese de proteínas e secreção de hormonas. A sua deficiência pode provocar um retardamento no crescimento, com um decréscimo acentuado na circulação das hormonas de crescimento e a síntese de proteínas pode também ser inibida (Navarro & Vaquero, 2016).

O magnésio (Mg) é igualmente um mineral importante uma vez que este não consegue ser sintetizado e é essencial para diversas funções do organismo e para processos celulares. Este é a segunda espécie mais abundante que se encontra dentro das células, logo depois do potássio. É co-factor de mais de 300 enzimas, estabiliza as proteínas e membranas, participa na síntese dos ácidos nucleicos e tem interações com diversas células recetoras. A deficiência pode



levar a sintomas neuromusculares e cardíacos, no entanto é raro que este mineral se encontre em deficiência no corpo humano, a não ser que seja uma deficiência crónica, trazendo dessa forma várias disfunções e doenças (Mazur & Maier, 2016).

Alimentos como os peixes que são ricos em selénio (Se) também são uma realidade benéfica que acaba por trazer um efeito protetor contra alguns tipos de cancro. Contribui ainda para a saúde cardíaca e funciona, de um modo geral, como antioxidante. As concentrações de selénio e de metilmercurio (MeHg) podem estar associadas à diminuição de risco de toxicidade, uma vez que o selénio pode influenciar a disposição do MeHg no organismo diminuindo a toxicidade deste no desenvolvimento do sistema nervoso central, provavelmente porque existe uma competição com os grupos SH e também pela formação de complexos insolúveis (Chapman & Chan, 2000; Santos *et al.*, 2007). Na costa portuguesa, peixes como a sardinha, têm uma relação Se:Hg elevada que favorece o seu consumo (Cabañero *et al.*, 2005).

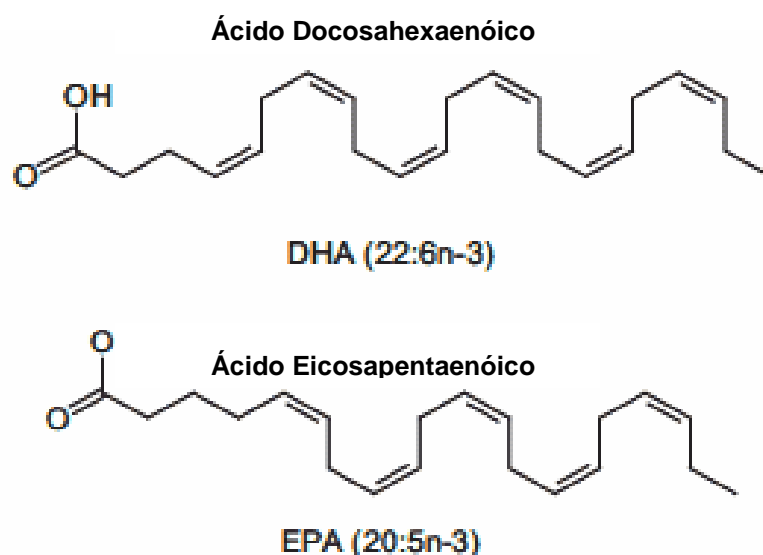
### **1.1.2 Lípidos – A importância dos ácidos gordos no consumo do pescado**

O pescado é uma fonte importante de lípidos, essencialmente de ácidos gordos polinsaturados (PUFAs), no entanto, o seu teor pode ir variando ao longo do ano. Os ácidos gordos pertencem ao grupo dos lípidos e são cadeias de hidrocarbonetos com diferentes comprimentos e graus de insaturação, com um grupo carboxilo numa extremidade e um grupo metilo na extremidade oposta (Burdge & Calder, 2015). Assim, estes diferem no comprimento da cadeia e no número e posição das ligações duplas, sendo que os mais comuns são constituídos por cadeias pares de 16 a 22 átomos de carbono, com zero a seis ligações duplas na configuração *cis* e podem ser divididos em diversas categorias em que estão inseridos os saturados, que não têm ligações duplas, os monoinsaturados que têm apenas uma ligação dupla e os polinsaturados que têm duas ou mais duplas ligações (Dayhuff & Wells, 2005). Os ácidos gordos polinsaturados classificam-se, em função da posição da última dupla ligação relativamente ao grupo metilo terminal, em duas séries: n-3 e n-6 (Ómega-3 e Ómega-6, respetivamente) (Fetterman & Zdanowicz, 2009).

Os ácidos gordos essenciais são lípidos que não podem ser sintetizados no corpo e devem de ser ingeridos através da dieta ou de suplementos. O Ómega-3 e Ómega-6 são essenciais para as funções fisiológicas, incluindo o transporte de oxigénio, armazenamento de energia, funções das membranas celulares e regulação da inflamação e proliferação celular. O Homem consegue sintetizar muitos outros ácidos gordos, como os ácidos gordos saturados e monoinsaturados, mas são incapazes de produzir gorduras com a primeira ligação dupla na posição Ómega-3 e Ómega-6. Estes ácidos gordos polinsaturados são necessários para o crescimento normal e maturação de muitos sistemas de órgãos, tais como os sistemas nervoso e visual (Coletta *et al.*, 2010). Os peixes têm na sua composição ácidos gordos que resultam de

interações complexas entre fatores nutricionais, fisiológicos e efeitos ambientais que atuam em simultâneo no organismo. Estes ácidos possuem três papéis principais nos peixes tais como, servir de fonte energética, ser componentes das membranas e precursores dos eicosanóides, que são necessários para os processos regulatórios (Dayhuff & Wells, 2005).

As propriedades protetoras do peixe associadas ao consumo do mesmo podem ir contra os efeitos adversos na saúde humana pois está relacionado com o facto de o peixe ser rico em ácidos gordos polinsaturados (Ómega-3) (Sidhu, 2003; EFSA, 2005). O Ómega-3 pode ser encontrado em diversas formas, tais como o ácido eicosapentaenóico (EPA), ácido docosapentaenóico (DPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA). A figura 1.1 é representativa da estrutura química do ácido eicosapentaenóico e do ácido docosahexaenóico, confirmando assim que têm mais de duas ligações duplas como foi descrito anteriormente relativo aos ácidos gordos polinsaturados (Holub & Holub, 2004).



**Figura 1.1 Estrutura química do ácido eicosapentaenóico (EPA) e do ácido docosahexaenóico (DHA). Adaptado de Holub & Holub (2004).**

As formas EPA e DHA estão associadas benéficamente ao desenvolvimento cognitivo e visual das crianças e na prevenção de outras doenças. É estimado que o conteúdo em Ómega-3 seja de 2 g/100 g em peixes gordos, que têm a gordura dispersa por todo o músculo e pele, e de 0,4 g/100 g em peixes magros, em que a maior concentração de gordura é encontrada no fígado. Na categoria dos peixes gordos podemos encontrar o atum, cavala, cherne, enguia, espadarte, peixe-espada, salmão, sardinha, truta, entre outros, enquanto que, por exemplo, o bacalhau, carapau, carpa, corvina, dourada, pescada, robalo e tamboril constituem a categoria dos peixes magros (SACN & COT, 2004).

Na tabela 1.2 estão representadas as composições em ácidos gordos polinsaturados EPA e DHA e a soma total dos dois, na qual se pode verificar que os peixes classificados como

gordos apresentam um teor superior relativamente aos peixes magros, como seria de esperar. Os exemplos utilizados foram o salmão e o atum para os peixes gordos e a sardinha e o robalo para os magros (Bowen *et al.*, 2016).

**Tabela 1.2 Composição em ácidos gordos polinsaturados EPA e DHA de algumas espécies de peixe. Adaptado de Bowen *et al.* (2016).**

Espécie de peixe	Categoria	EPA (g)	DHA (g)	Total (EPA + DHA) (g)
Salmão Atlântico	Gordo	0,690	1,457	2,147
Sardinha	Magro	0,473	0,509	0,982
Robalo	Magro	0,217	0,750	0,967
Atum	Gordo	0,363	1,141	1,504

A diminuição do risco de doenças cardiovasculares e o desenvolvimento do sistema nervoso central pré e pós-natal, são benefícios que estão associados ao consumo de peixe, especialmente ao facto de este ter na sua composição EPA e DHA (SACN & COT, 2004; EFSA, 2005).

Estudos epidemiológicos que têm sido efetuados ao longo de vários anos na população humana, têm demonstrado que existe uma diminuição de doenças coronárias, mortalidade cardiovascular e morte súbita devido à associação a dietas ricas em peixe (Oh, 2005). O Ómega-3 tem efeitos anti-aterogénicos, anti-trombóticos, na resposta inflamatória e imunitária e no estado hipertensivo, assim a presença deste ácido gordo nos peixes acaba por trazer inúmeros benefícios quando consumido. Os níveis elevados de colesterol plasmático, lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e triglicéridos (TG), em conjugação com os níveis baixos de lipoproteínas de alta densidade (HDL) e hipertensão, são fatores de risco associados à aterosclerose e o Ómega-3 tem a capacidade para diminuir os valores que se encontram elevados e aumentar, mesmo que ligeiramente, os níveis de HDL (Sidhu, 2003; Schmidt *et al.*, 2005).

Como já foi referido, o consumo de peixe também beneficia o desenvolvimento fetal e da criança, de tal modo que o consumo adequado de peixe durante a gravidez ajuda a desenvolver bebés com uma melhor função visual (Oh, 2005). Foi ainda estudado que um baixo consumo de peixe é um fator que pode contribuir para a ocorrência de um parto prematuro ou ter um recém-nascido de baixo peso (Olsen & Secher, 2002). Quando existe uma falta de DHA

na alimentação das crianças, verifica-se que ocorre uma diminuição na aprendizagem, diminuição da acuidade visual e alterações sensoriais (Stern, 2005).

Por último, os ácidos gordos têm ainda poder anti-inflamatório, conseguindo-se verificar uma relação inversa entre os marcadores inflamatórios e o consumo de peixe, sendo assim a sua incorporação na dieta pode desempenhar um papel relevante no combate a doenças inflamatórias (asma) e autoimunes (artrite reumatoide) (Simopoulos, 2002).

## **1.2 A evolução do sector da pesca e do seu consumo no Mundo**

A produção mundial de pescado atingiu um pico de 171 milhões de toneladas em 2016, com a produção em aquicultura a representar 47% do total ou 53% se o uso da pescada para fins não alimentares (redução para farinha de peixe e óleo de peixe) for excluída. Com a captura de pescado relativamente estática desde o final dos anos 80, a aquicultura tem sido a principal responsável por conseguir disponibilizar um excelente número de pescado para consumo humano. Entre 1961 e 2016, houve um aumento do consumo médio anual de pescado em cerca de 3,2% superando o crescimento da população (1,6%) e surpreendentemente, excedeu o consumo de carne de todos os animais terrestres combinados, em que a percentagem se situava nos 2,8% (FAO, 2018).

### **1.2.1 Evolução e caracterização do sector da pesca mundial**

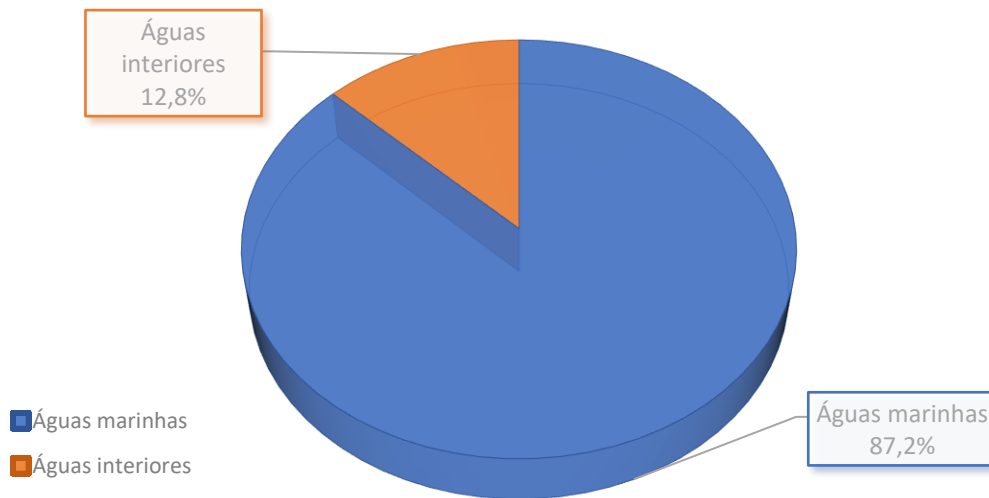
#### **a) Captura de pescado no Mundo**

Globalmente, a captura de pescado foi de 90,9 milhões de toneladas em 2016, o que, relativamente aos dois anos anteriores, registou uma pequena queda. A pesca nas águas marinhas e nas águas interiores forneceu cerca de 87,2% e 12,8%, respetivamente, da totalidade de captura como pode ser observado na tabela 1.3 e na figura 1.2, sendo que a laranja está representada a percentagem de capturas de pescado em águas interiores e a azul a percentagem de capturas de pescado em águas marinhas (FAO, 2018).

**Tabela 1.3 Quantidade de pescado capturado em águas interiores e águas marinhas entre 2011 e 2016 (expresso em milhões de toneladas). Adaptado de FAO (2018).**

Captura	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Águas interiores	10,7	11,2	11,2	11,3	11,4	11,6
Águas marinhas	81,5	78,4	79,4	79,9	81,2	79,3
Total	92,2	89,5	90,6	91,2	92,7	90,9

## CAPTURAS DE PESCADO NO MUNDO NO ANO DE 2016



**Figura 1.2 Gráfico circular representativo da captura de peixe em águas interiores e águas marinhas em 2016 (FAO, 2018).**

Em 2016, 79,3 milhões de toneladas foi o valor total de captura de peixe em águas marinhas, representando um decréscimo de, aproximadamente, 2 milhões de toneladas relativamente a 2015. A China é de longe o país com a maior taxa de captura em águas marinhas, sendo também, o maior produtor de peixe no mundo, no entanto com a inclusão no Décimo Terceiro Plano Quinquenal, que visa essencialmente a proteção do ambiente, prevê-se que em 2020 exista uma redução em 5 milhões de toneladas (FAO, 2018).

Relativamente à captura em águas interiores, em 2016 registou-se um total de 11,6 milhões de toneladas, o que representa uma percentagem de 12,8% em relação ao total de captura, registando-se um aumento de 2,0% comparativamente com o ano anterior e de 10,5% em comparação com os anos de 2005 a 2014. No entanto, este aumento pode ser enganador, uma vez que o aumento pode dever-se ao facto de certos países se encontrarem, atualmente, melhor classificados, podendo até esta captura estar em declínio nesses países. Dezasseis países produzem cerca de 80% das capturas em águas interiores, principalmente na Ásia onde estas capturas são uma fonte alimentar importante para as comunidades locais. Este tipo de captura é também importante em termos de segurança alimentar em vários países de África, correspondendo a 25% das capturas globais. Na Europa, Américas e a Oceânia o valor atinge os 9%.

Podemos encontrar na tabela 1.4 exemplos do número total de capturas em alguns países, dando claro destaque à China que se encontra em primeiro lugar, enquanto que o Japão, a Islândia e a Espanha encontram-se em 7º, 18º e 19º lugares, respetivamente (FAO, 2018).

**Tabela 1.4 Exemplo do total de Capturas nos países da China, Japão, Islândia e Espanha nos anos de 2015 e 2016. Adaptado de FAO (2018).**

País	Capturas (Milhões de toneladas)	
	2015	2016
China	15,3	15,2
Japão	3,4	3,2
Islândia	1,3	1,1
Espanha	1,0	0,9

#### **b) Produção em aquicultura no Mundo**

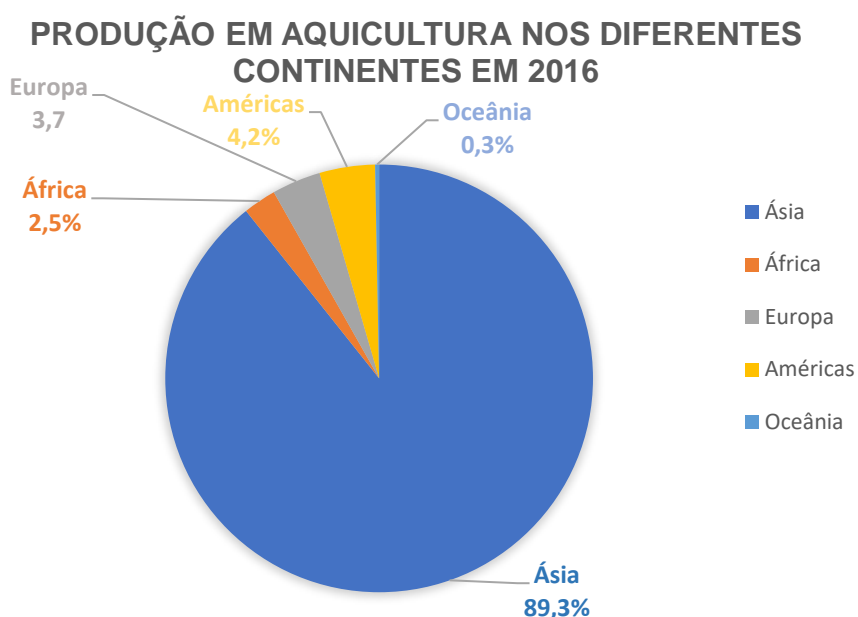
Em 2016, 110,2 milhões de toneladas foram provenientes da produção aquícola (incluindo a produção de plantas aquáticas). Segundo a FAO, houve uma produção total de 80 milhões de toneladas de pescada e 30,1 milhões de toneladas de plantas aquáticas, bem como cerca de 37 900 toneladas de produtos não alimentares (exemplo: conchas). As 80 milhões de toneladas podem ser divididas em categorias, uma vez que 54,1 milhões de toneladas foram originadas a partir de peixe, 17,1 milhões de toneladas correspondem a moluscos e 7,9 milhões de toneladas a crustáceos, existindo ainda 938 500 toneladas para outros tipos de animais aquáticos. Na tabela 1.5 estão representados os números referentes ao total de pescado produzido em aquicultura, nos anos de 2011 a 2016 (FAO, 2018).

**Tabela 1.5 Quantidade de pescado produzido em aquicultura em águas interiores e águas marinhas entre 2011 e 2016 (expresso em milhões de toneladas). Adaptado de FAO (2018).**

Aquicultura	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Águas interiores	38,7	42,0	44,8	46,9	48,6	51,4
Águas marinhas	23,2	24,4	25,4	26,8	27,5	28,7
Total	61,8	66,4	70,2	73,7	76,1	80,0

Desde 2000 que a produção em aquicultura não cresce tanto como nos anos 80 e 90, em que apresentou crescimentos a rondar os 10,8% e 9,5%, respetivamente. No entanto, este continua a ser um dos sectores que mais cresce anualmente, apesar de o crescimento ter sofrido um decréscimo para os 5,8% durante o período de 2001 a 2016. Em África encontra-se uma

exceção, porque entre 2006 e 2010 os valores de crescimento chegaram a atingir os dois dígitos. A aquicultura contribui para a produção global da captura de peixe e esta quando combinada, tem aumentado constantemente desde o ano 2000 até 2016, uma vez que em 2000 apresentava valores a rondar os 25,7% e em 2016 chegou a atingir a marca dos 46,8%. Se a China for excluída, o valor global em 2016 é de 29,6%, o que fica muito acima dos 12,7% registados em 2000. Na África, nas Américas e na Europa, este tipo de produção tem valores a rondar os 17 a 18% e na Oceânia os 12,8%. Em 2016, a Ásia assumiu-se como o principal continente produtor em aquicultura como é possível observar pela figura 1.3, onde a azul está representada a percentagem de produção em aquicultura na Ásia e a laranja, cinzento, amarelo e azul “claro” estão representadas as percentagens dessa mesma produção na África, Europa, Américas e Oceânia, respetivamente (FAO, 2018).



**Figura 1.3 Gráfico circular (expresso em percentagem) referente à produção em aquicultura nos diferentes continentes (FAO, 2018).**

A aquicultura em águas interiores é tipicamente praticada em ambientes de água doce na maior parte dos países, no entanto existe um pequeno número de países, como por exemplo a China e o Egipto, em que a aquicultura também é realizada em água salina onde são criadas espécies com características adequadas às condições do solo e às propriedades químicas da água. Esta fonte originou em 2016 cerca de 51,4 milhões de toneladas de peixe alimentício (peixe, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos), que em percentagem corresponde a 64,2% da produção mundial de peixe em aquicultura. O uso deste tipo de produção em águas interiores permite o crescimento de algumas espécies de camarão branco, que tanto podem crescer em água doce ou água salina, após aclimatização (FAO, 2018).

Maricultura, ou como é mais conhecido, a aquicultura marinha é praticada no mar, num ambiente em que exista água marinha, enquanto que a aquicultura costeira é praticada em estruturas feitas pelo Homem, em áreas que se situem adjacentes ao mar, tais como, lagoas costeiras e lagoas fechadas. A salinidade da água é menos estável na aquicultura costeira do que na aquicultura marinha, devido à chuva ou à evaporação que varia consoante a estação do ano e a sua localização. A nível mundial é complicado fazer uma distinção entre a produção em aquicultura marinha e a costeira, devido principalmente ao facto de os dados estatísticos serem todos agregados, no entanto a aquicultura marinha predomina no continente Americano, Europeu e na Oceânia. Os dados estatísticos reunidos pela FAO indicam que foi produzido um total combinado de 28,7 milhões de toneladas de peixe entre a aquicultura marinha e a costeira, no decorrer do ano de 2016, sendo que 16,9 milhões de toneladas são provenientes de moluscos, 6,6 milhões de toneladas de peixe e 4,8 milhões de toneladas de crustáceos. De modo a ser mais explícito, está implícito na figura 1.4, em forma de gráfico circular, as percentagens referentes à produção em aquicultura nas águas marinhas, com a cor azul, e águas interiores, com cor laranja, em 2016 (FAO, 2018).



**Figura 1.4 Gráfico circular representativo da produção em aquicultura em águas interiores e águas marinhas em 2016 (FAO, 2018).**



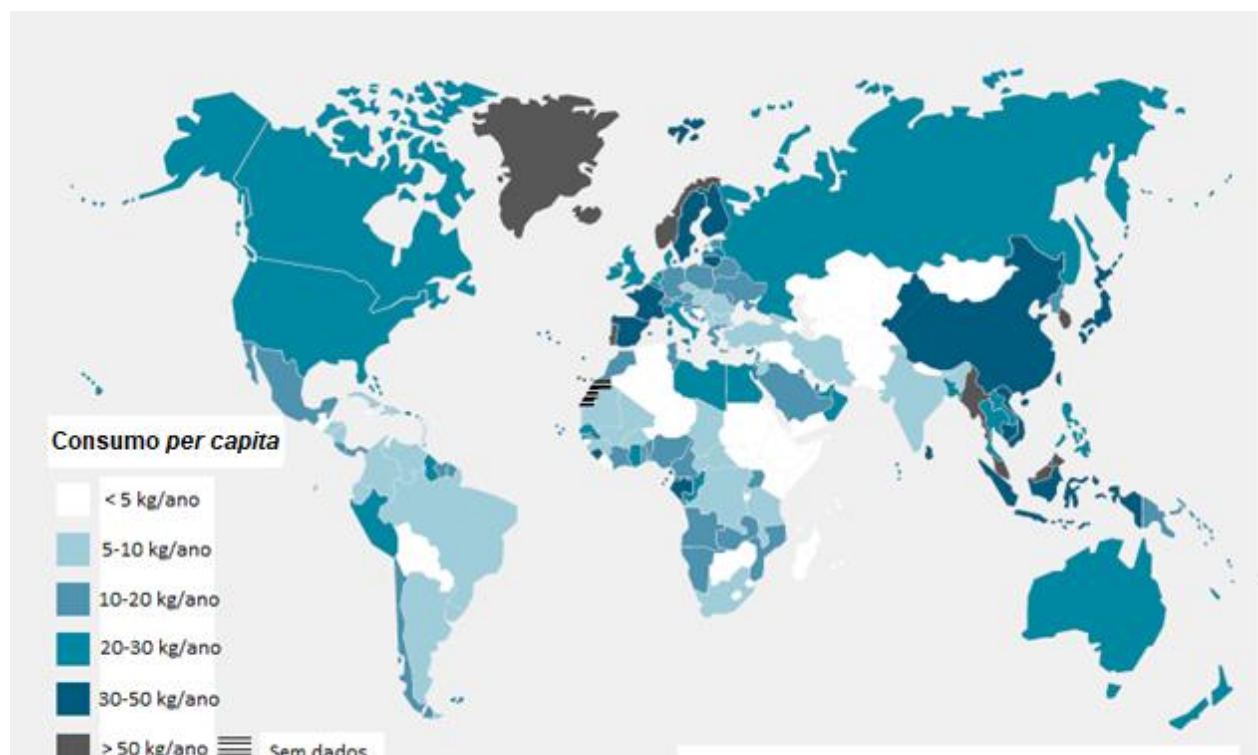
### c) O consumo de pescado no mundo

A produção pesqueira e aquícola tem demonstrado um crescimento significativo desde meados do século XX, mas especialmente nas últimas duas décadas, aumentando a oferta destes produtos favorecendo o consumo de alimentos mais diversificados e nutritivos. Desde 1961, que a média anual referente ao consumo de peixe cresce cerca de 3,2%, superando o crescimento da população que se encontra nos 1,6%. Em termos de *per capita*, o consumo de peixe aumentou de 9,0 kg em 1961 para 20,2 kg em 2015. Estimativas preliminares para os anos de 2016 e 2017 indicam que o consumo deverá mesmo chegar aos 20,3 e 20,5 kg por ano, respetivamente. A expansão deste consumo não se deve só ao facto de a produção em si ter aumentado, deve-se essencialmente à combinação de diversos fatores tais como, a redução do desperdício alimentar, a sua melhor utilização, uma melhor comunicação entre entidades de distribuição e o crescimento populacional contínuo (FAO, 2018).

Globalmente, o pescado e os produtos provenientes de pescado conseguem fornecer uma média de 34 calorias *per capita* por dia, no entanto, hoje em dia eles conseguem exceder as 130 calorias *per capita* em países que não têm outro tipo de alimento capaz de fornecer a mesma quantidade de proteínas e em países que desenvolveram como principal preferência o consumo de peixe (exemplos: Islândia, Japão, Noruega). Mais do que uma fonte de energia, a contribuição dietética dos peixes é bastante significativa uma vez que estas proteínas animais apresentam uma fácil digestão e são de elevada qualidade. Uma porção de 150 g de peixe consegue fornecer cerca de 50 a 60% das proteínas necessárias na dieta de um adulto (FAO, 2018).

A Europa, o Japão e os Estados Unidos da América juntos, contribuíram para 47% do total de pescado consumido no Mundo em 1961, sendo que em 2015 essa percentagem foi reduzida para 20%. De 149 milhões de toneladas consumidas em 2015, só a Ásia consumiu mais de dois terços do total (cerca de 106 milhões de toneladas, dando um total de 24 kg *per capita*). O país que mais consumiu peixe em 2015 foi a China, consumindo cerca de 38% do total de peixe produzido, dando um consumo *per capita* de 41 kg. A Oceânia e a África foram os continentes que apresentaram o consumo mais baixo, sendo que a África, em 2015, mostrou um consumo de peixe a rondar os 9,9 kg *per capita*. Esta mudança é resultado da evolução da produção de peixe no continente asiático, bem como do crescimento económico e das reestruturações que o sector da pesca tem sofrido ao longo dos anos. Nos últimos anos o consumo de peixe tem vindo a decrescer na União Europeia e nos Estados Unidos da América, enquanto que o consumo *per capita* de aves e suíno tem aumentado. Nos países asiáticos, o consumo de peixe tem sido impulsionado pelo facto de a população estar em crescimento constante, e de modo a corresponder às necessidades da população como consequência, a produção de peixe tem aumentado, em especial no sector da aquicultura, provocando um

aumento dos rendimentos e do comércio internacional. Podemos encontrar na figura 1.5 o mapa mundo onde está representado o consumo *per capita* de pescado anual por cores, em que a cor mais clara representa os países que apresentam um consumo inferior a 5 kg/ano enquanto que a mais escura indica os países com um consumo de pescado superior a 50 kg/ano (FAO, 2018).



**Figura 1.5 Consumo anual *per capita* de pescado entre 2013 e 2015. Adaptado de FAO (2018).**

Embora os produtores de peixe e os responsáveis pelo marketing tenham conseguido mudar a capacidade para corresponder às preferências do consumidor, as restrições relativamente aos recursos naturais e as considerações de carácter biológico são fundamentais para determinar quais as espécies e os produtos que podem ser disponibilizados aos consumidores. A aquicultura tem estado em constante crescimento, tanto na produção como já foi referido, mas também no consumo. Foi no ano de 2013 que a aquicultura ultrapassou a captura de peixe, pela primeira vez, relativamente ao peixe disponível para consumo humano. Em 2015 o consumo de peixe proveniente da aquicultura atingiu valores de 51% e de acordo com a estimativa prevista, em 2016 chegou mesmo aos 53% e são valores a ter em conta uma vez que só quando comparados com os 6% em 1966, 14% em 1986 e 41% em 2006, é que é possível ter uma noção real da evolução deste sector. Como vantagem, os produtores aquícolas têm uma maior capacidade de controlar os processos de produção de peixe relativamente aos produtores associados à captura do mesmo, assim este sector tem o potencial para abastecer as cadeias de uma forma muito mais eficiente e existe uma maior disponibilidade de informação

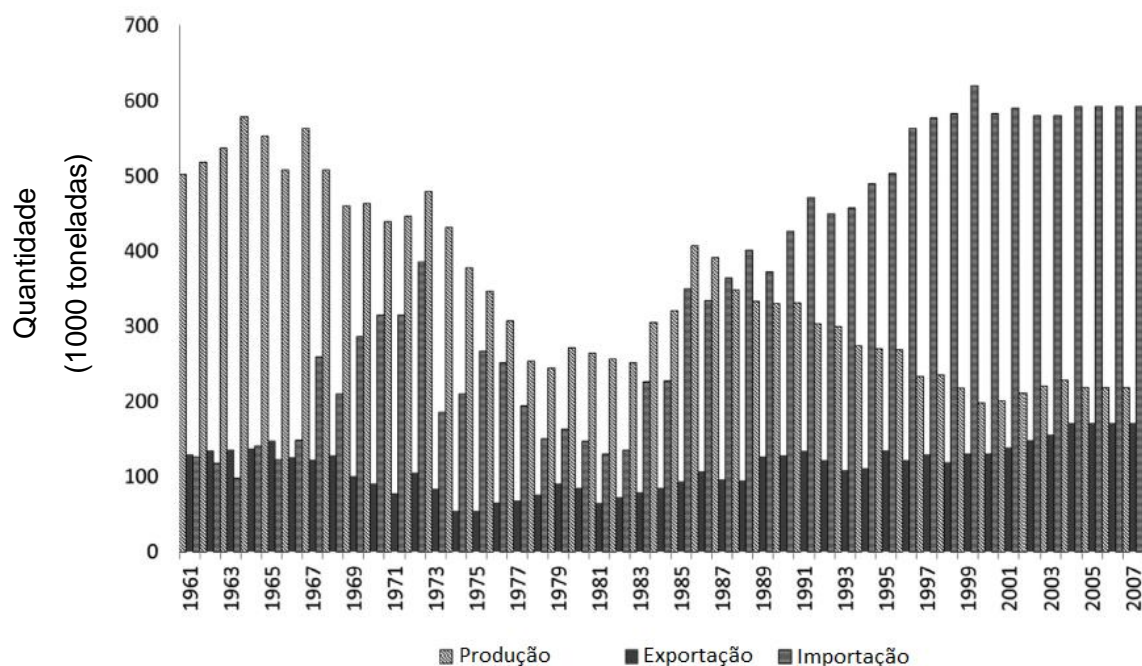
para que o consumidor saiba aquilo que está a consumir, visto que existem mais dados relativamente à origem do produto. Destinado ao consumo interno, existe uma produção mais significativa de algumas espécies de água doce, o que é importante também em termos de segurança alimentar. O salmão, os bivalves, a carpa e o peixe-gato são das espécies que mais têm sido produzidas em aquicultura, evidenciando um elevado crescimento do consumo *per capita* nos últimos anos (FAO, 2018).

### **1.3 A evolução do sector da pesca e do seu consumo em Portugal**

Portugal é um dos países do mundo em que mais se consome pescado *per capita*, colocando-se no pódio mundial e no primeiro lugar da Europa em termos deste consumo. O consumo de pescado em Portugal é caracterizado por uma vasta diversidade de espécies quando comparado com outros países da Europa, no entanto, por exemplo o bacalhau (salgado e seco), não existe nas águas portuguesas, mas devido a diversos fatores como a política, religião e tradição, tornou-se num dos peixes mais consumidos em Portugal. Existem diversos fatores pelos quais se consome muito produto proveniente de pesca em Portugal, que são nomeadamente, a geografia (tendo em conta a dimensão de toda a costa portuguesa), os recursos marinhos, as pescas e forças sociais e políticas. As consequências para com o ambiente, economia e saúde ainda estão a ser discutidas (Almeida *et al.*, 2015b).

#### **1.3.1 Evolução e caracterização do sector da pesca em Portugal**

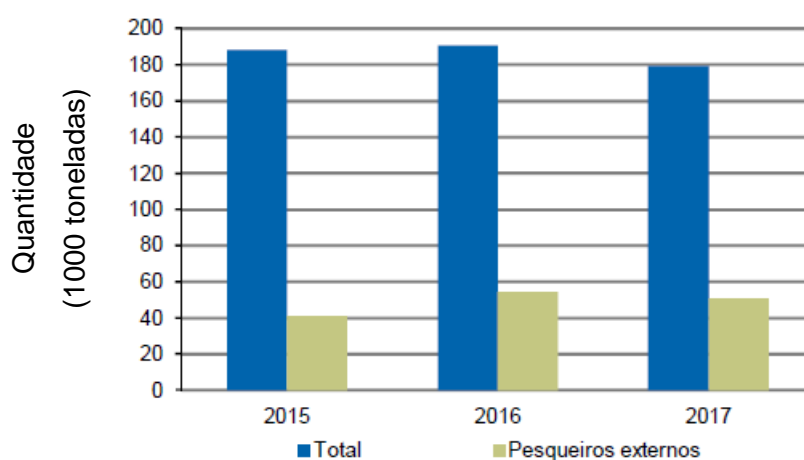
A produção de pescado em Portugal tem atravessado uma queda sendo que apenas é cumprido o exigido. As importações representam cerca de dois terços do pescado português e são quatro vezes superiores às exportações. Desde 1967 que Portugal tem estado cada vez mais dependente de exportações do pescado tendo o défice do saldo comercial aumentado nos últimos anos. As importações aumentaram de 16%, entre 1987 e 1991, para 38%, entre 1990 e 1997. Em 2010, as importações em Portugal chegaram a cerca de 52%, resultando num saldo negativo de 226000 toneladas e 666 milhões de euros (€). Na figura 1.6 está representado em gráfico de barras a comparação entre a quantidade de pescado produzido, exportado e importado, desde os anos de 1961 até 2007, mostrando a evolução que tem sofrido este setor ao longo dos anos (Almeida *et al.*, 2015b).



**Figura 1.6 A evolução da produção, importação e exportação em Portugal entre 1961 e 2007. Adaptado de Almeida *et al.* (2015b).**

#### a) Captura de pescado em Portugal

Durante o ano de 2017, a frota portuguesa capturou cerca de 179473 toneladas de pescado, representando um decréscimo de 5,9% relativamente a 2016 na indústria da pesca nacional. Uma diminuição de pesqueiros externos em 7,1%, contribuiu também para a redução global da captura de pescado. Do total capturado no ano de 2017, 118395 toneladas corresponderam a pescado fresco ou refrigerado. Já em 2016, este total correspondia a 124264 toneladas, representando um decréscimo de 5,0% (INE, 2018). Na figura 1.7, em gráfico de barras, estão demonstrados os valores de capturas referentes aos anos de 2015, 2016 e 2017.



**Figura 1.7 Número total de capturas e de capturas por pesqueiros externos nos anos de 2015, 2016 e 2017. Adaptado de INE (2018).**

Muita desta redução a nível nacional deve-se ao facto de a captura de peixes marinhos ter registado um decréscimo, mais especificamente, cerca de 3,9% relativamente a 2016. O peixe que mais contribuiu para essa diminuição foi a cavala que teve um grande decréscimo, seguindo-se depois a pescada e o carapau. Mas houve espécies que registaram um aumento de captura em 2017 nomeadamente o atum e o biqueirão, sendo que o biqueirão continua a ser uma espécie em abundância na costa portuguesa. Relativamente aos moluscos, foi verificado uma diminuição da captura influenciada pela captura de polvo que em 2017 apresentou um decréscimo. Em relação aos crustáceos houve um aumento de captura de 2016 para 2017, no entanto houve um pequeno decréscimo na captura de gambas (INE, 2018). Estão representadas, em percentagem, na figura 1.8, a captura de algumas espécies de pescado em Portugal referentes aos anos de 2016 e 2017.

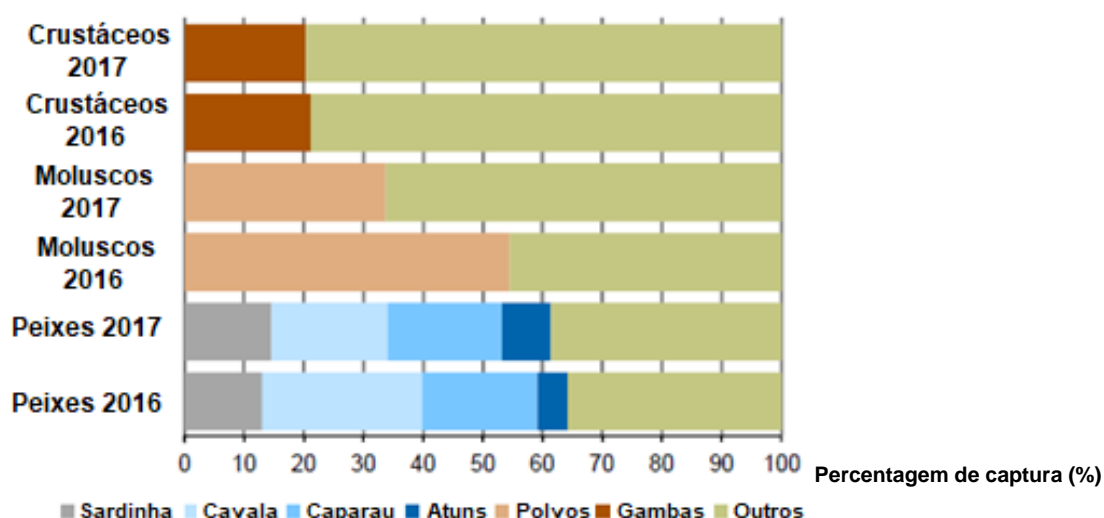


Figura 1.8 Capturas de Crustáceos, Moluscos e Peixes em 2016 e 2017, expresso em percentagem. Adaptado de INE (2018).

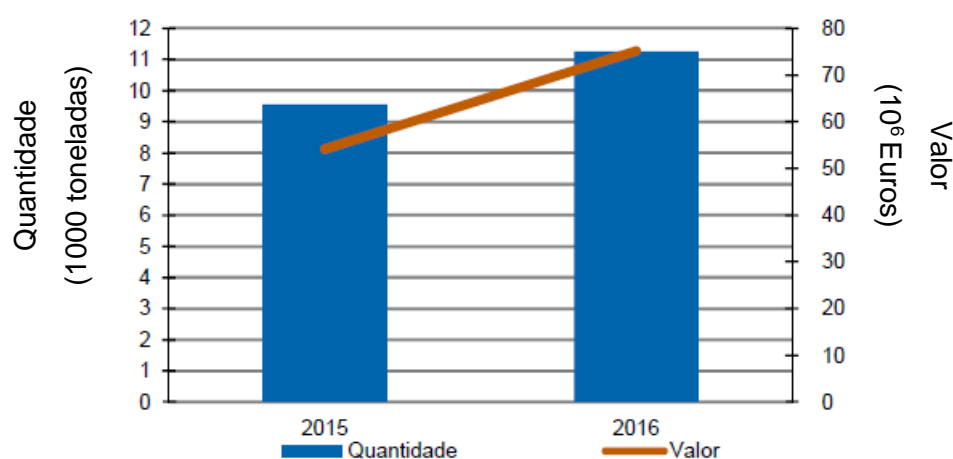
Em suma, o decréscimo de capturas em Portugal Continental no ano de 2017 é essencialmente resultante da queda da captura de cavala e carapau no caso dos peixes marinhos, e do polvo no caso dos moluscos. No entanto, nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira foi registado um aumento da quantidade de pescado capturado comparativamente com o ano anterior (INE, 2018).

## b) Produção em aquicultura em Portugal

Devido à localização geográfica da costa continental portuguesa e tendo em conta que estão incluídas nesta importantes sub-províncias oceanográficas do Norte Atlântico, nomeadamente a subtropical e a subtropical/subpolar, é dada a possibilidade da criação dos mais diversos tipos de habitats, destacando-se especialmente pela qualidade da água e pela quantidade e diversidade de espécies que existem. A zona costeira de Portugal tem uma extensão de 1187 quilómetros, em que se pode encontrar desde zonas costeiras baixas até encostas altas e rochosas, nas quais se pode observar a existência de diversos cursos de água,

nomeadamente estuários e rias com a possibilidade de reunirem condições favoráveis à prática aquícola. Em Portugal o cultivo de espécies marinhas começou por ser desenvolvido em águas interiores costeiras, em estuários e lagoas costeiras, utilizando-se regimes intensivos de produção, sendo reaproveitado as infraestruturas das indústrias de sal. Com o passar das décadas de 70, 80 e 90 foram sendo desenvolvidos novos meios para permitir uma produção mais diversificada, por isso durante os anos 70 a produção era dominada pelos mugilídeos. Nos anos 80 iniciou-se a produção em águas interiores da truta acompanhada pela produção dos bivalves em águas marinhas e por último, na década de 90 existiu um forte crescimento no que toca à modernização da aquicultura em Portugal, sendo que esta década foi mais centralizada na produção de robalo e dourada (DGRM, 2014).

A aquicultura está cada vez mais a ser utilizada como meio alternativo e sustentável para o meio ambiente e deste modo pode verificar-se com base na informação mais recente que em 2016 a produção em aquicultura produziu cerca de 11259 toneladas, gerando uma receita de 75,2 milhões de euros, traduzindo um aumento de quantidade de 17,8% e um acréscimo em valor de 38,9% relativamente ao ano anterior (figura 1.9) (INE, 2018).



**Figura 1.9 Número total de produção em aquicultura nos anos de 2015 e 2016. Adaptado de INE (2018).**

O uso da aquicultura em águas marinhas representou 94% da produção total em 2016. O incremento das principais espécies na produção resultou num maior volume produzido sobre os peixes marinhos, assim foi verificado um aumento de produção de peixes marinhos em 8,7%, com o pregado, a dourada e o robalo a aumentarem 3,8%, 8,8% e 43,7% respetivamente. Nos crustáceos e moluscos, 56,4% é a percentagem que representa a produção total deste tipo de pescado, sendo que aumentou 32,9% de 2015 para 2016. As amêijoas, os mexilhões e as ostras, encontram-se no topo das espécies mais produzidas, com 3716, 1474 e 1014 toneladas, respetivamente (INE, 2018). Na figura 1.10 estão representadas as percentagens de produção em aquicultura de algumas espécies de pescado em Portugal, nos anos de 2015 e 2016.



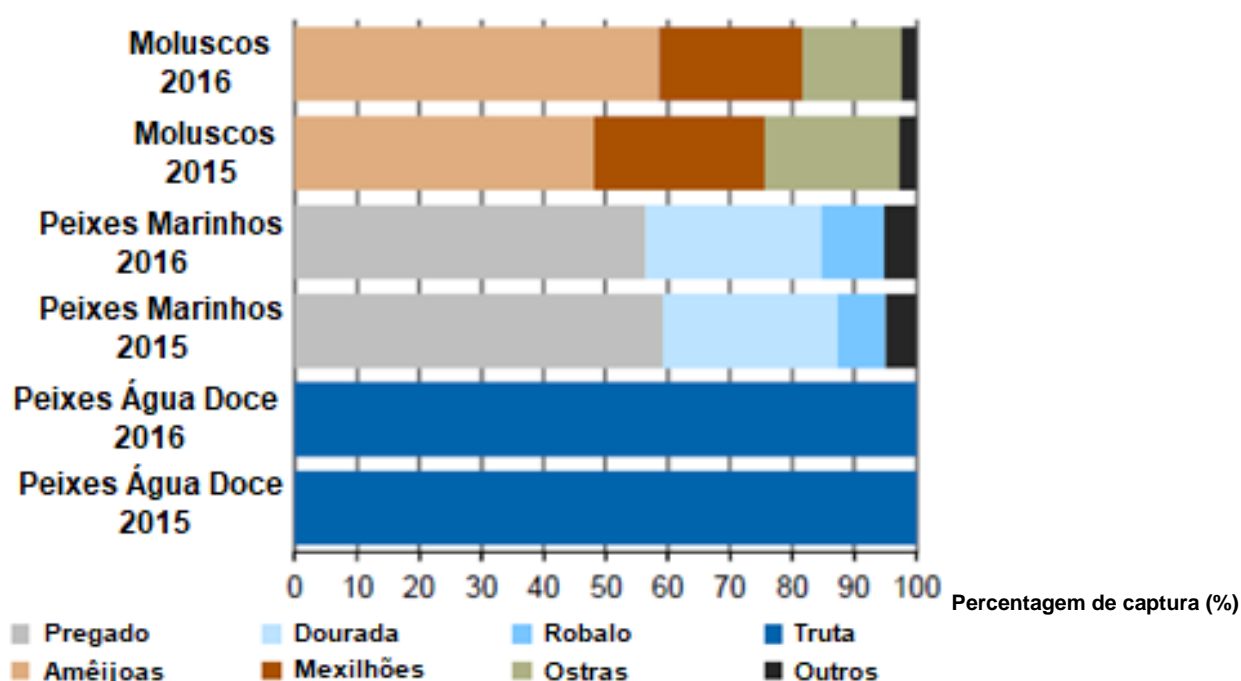
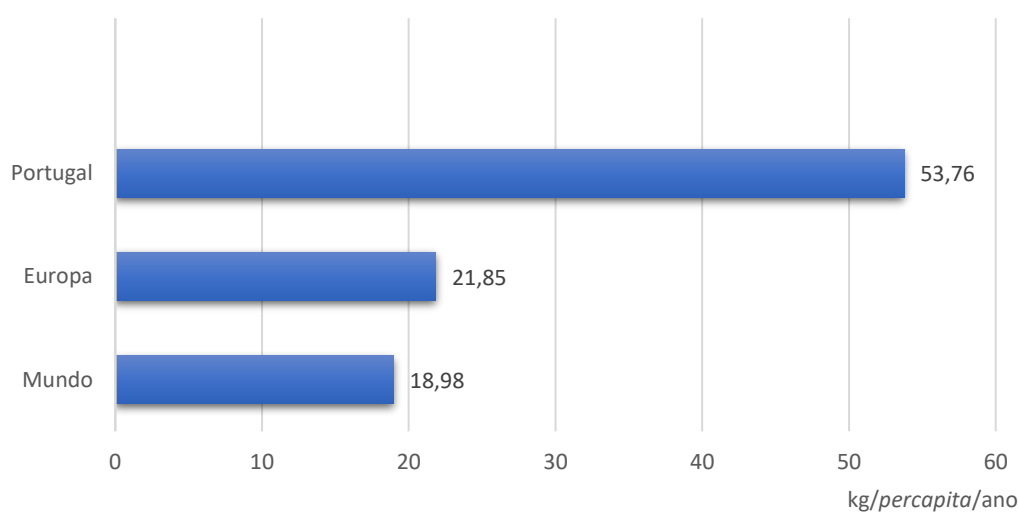


Figura 1.10 Produção em aquicultura de moluscos, peixes marinhos e peixes de água doce em 2015 e 2016, expresso em percentagem. Adaptado de INE (2018).

Por último, o uso da aquicultura na produção em águas doces representa apenas 6% da totalidade em Portugal, apresentando um decréscimo de 24,1%. No final de 2016, 1 518 estabelecimentos eram licenciados em aquicultura para águas doces, salgadas e marinhas, mais 14 do que em 2015 (INE, 2018).

### c) O consumo de pescado em Portugal

Como já foi referido anteriormente, Portugal em termos de consumo *per capita* de pescado encontra-se como um dos maiores do mundo e o maior da Europa (Almeida *et al.*, 2015b). O consumo *per capita*, está demonstrado na figura 1.11 (FAO, s.d.).

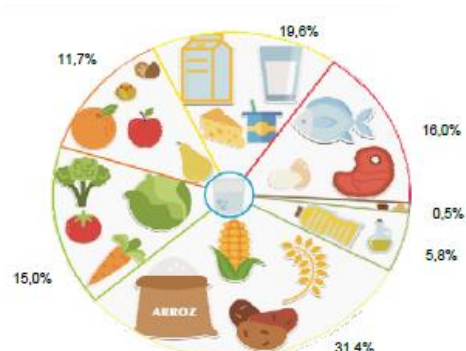


**Figura 1.11 Consumo de peixe em kg/percapita/ano no ano de 2013, em Portugal, na Europa e no Mundo (FAO, s.d.).**

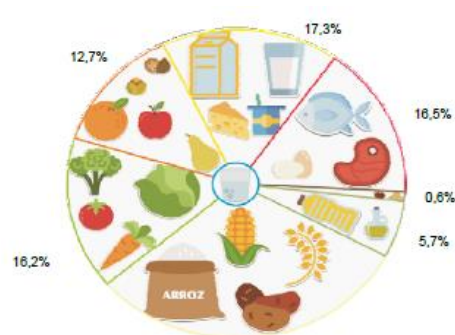
Normalmente, o peixe é consumido grelhado e em casa, mas os hábitos alimentares dos portugueses estão a mudar, uma vez que as espécies tradicionais como a sardinha estão a cair em desuso e a ser trocadas por espécies mais convencionais como o atum. O povo português é dos mais bem informados e tem um comportamento sustentável, não por questões ambientais, mas por serem consumidores frequentes de peixe e deste modo tentam englobar um conjunto diversificado de espécies na sua dieta. Foi demonstrado que o peixe está presente em pelo menos uma refeição por dia, traduzindo-se em um consumo extremamente alto, excedendo o nível recomendado de consumo que se situa em duas porções por semana. Comer peixe é de elevada importância para os hábitos alimentares portugueses, no entanto o seu consumo está praticamente ao nível dos japoneses que também se encontram como um dos maiores consumidores *per capita* do mundo, onde a maioria come produtos de pesca entre quatro e cinco vezes por semana. Quando comparado com a Rússia, país no qual o consumo se situa em 0,5 vezes por semana, dá para ter a noção da dimensão que o consumo de peixe tem em Portugal (Almeida *et al.*, 2015a).

Nas figuras 1.12 e 1.13 estão representadas as balanças alimentares portuguesas nos anos de 2012 e 2016, respetivamente, mostrando que o grupo do peixe foi o que mais aumentou nos últimos anos, consequentemente existiu uma diminuição dos restantes grupos de alimentos (INE, 2017).





**Figura 1.12 Balança alimentar portuguesa em 2012. Adaptado de INE (2017).**



**Figura 1.13 Balança alimentar portuguesa em 2016. Adaptado de INE (2017).**

Os hábitos de consumo variam muito entre os diferentes países e os resultados obtidos num estudo efetuado mostram que os portugueses consomem mais frequentemente peixe em casa e ao jantar, o que pode estar relacionado com o facto de a população portuguesa ter habilidades culinárias acima da média, bem como conhecimento a nível da avaliação e preparação de peixe. O peixe inteiro e aqueles que são mais fáceis de grelhar representam a seleção de peixe dos portugueses, uma vez que preferem estes a filetes devido às tradições culinárias e à frescura que o pescado pode apresentar. As espécies mais consumidas em Portugal são o atum, bacalhau e o salmão. Uma das principais características na dieta portuguesa é a grande diversidade que a compõe, visto que dentro do pescado em geral os portugueses consomem peixe, moluscos, cefalópodes e crustáceos, devendo-se ao facto de a pesca portuguesa ser muito ampla no que toca à seleção de espécies. O bacalhau sempre foi dos peixes mais consumidos em Portugal como já foi relatado em diversas publicações, no entanto, os hábitos parecem ter mudado nos últimos dez anos. O bacalhau seco e salgado tornou-se numa das principais tradições portuguesas porque no passado estava disponível em grande quantidade e a preços bastante acessíveis. Os produtos que atualmente são mais práticos e rápidos de fazer estão a mudar as tradições alimentares, visto que as pessoas preferem ter hábitos mais convenientes. O atum representa uma grande fatia nos hábitos alimentares em Portugal e isto pode estar relacionado com o facto de o atum ser um peixe que é fácil e rápido de preparar, como por exemplo, o uso deste em saladas. O salmão, aparece em quarto lugar no que toca aos peixes mais consumidos em Portugal, sendo que a produção deste está em aumento constante possivelmente devido ao seu valor no mercado se encontra cada vez mais baixo (Almeida *et al.*, 2015a).

Apesar de os preços baixos aliciarem os portugueses, o peixe fresco representa cerca de 83% do consumo em Portugal e esta grande preferência requer um constante abastecimento de peixe, significando que os portugueses não se importam de pagar um preço mais alto para obter um peixe de melhor qualidade (Almeida *et al.*, 2015a).

Concluindo, a conveniência, o preço e a disponibilidade são fatores que pesam e ilustram os modernos hábitos alimentares. O consumo de pescado em Portugal é alto e com uma grande diversidade de espécies. As pessoas gostam de preparar a sua comida em casa, de preferência com peixe fresco, tendo principal gosto por espécies que sejam fáceis e rápidas em termos de preparação, logo os conceitos de tradição estão a cair aos poucos com o passar dos anos. A sardinha e o polvo são das espécies mais importantes para o sector da pesca em Portugal, no entanto não são as preferidas dos portugueses ao contrário do atum, com destaque para o atum enlatado, o bacalhau, seco e salgado e a pescada (Almeida *et al.*, 2015a).

#### **1.4 Metais contaminantes presentes no pescado**

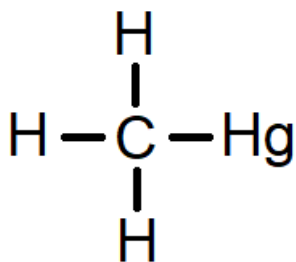
Os metais contaminantes presentes no pescado são denominados de metais pesados e como o próprio nome indica são elementos químicos com massas atómicas que variam entre os 63,5 e os 207,2 e com gravidades específicas superiores a  $4,0 \text{ g.cm}^{-3}$ . As pequenas quantidades de metais pesados ocorrem naturalmente no ambiente, mas a grande quantidade deles pode ser atribuída às práticas humanas, como emissões industriais. Alguns metais, como é o caso do mercúrio, cádmio e chumbo não têm qualquer função no homem. O que é comum a todos é que quando administrados em excesso revelam-se tóxicos para a população humana, no entanto o nível de toxicidade varia bastante entre eles. Eles têm bastante afinidade com proteínas celulares e ligam-se mais facilmente a estas do que a outros metais presentes no corpo e como consequência disso existe a inibição das reações enzimáticas. Como a taxa de eliminação é bem mais lenta do que a taxa de absorção, os metais pesados acabam por acumular-se no corpo humano, provocando efeitos adversos (Maehre *et al.*, 2016).

##### **1.4.1 Mercúrio**

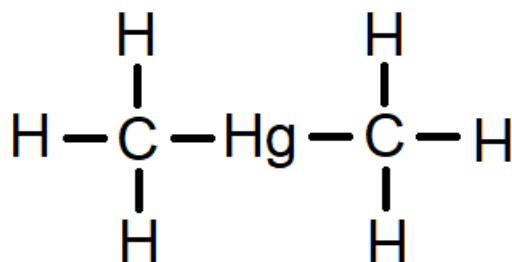
O mercúrio (Hg), conhecido como prata líquida ou água de prata, é o único metal que se consegue encontrar na forma líquida à temperatura ambiente, mas pode formar um gás monoatômico difusível e lipossolúvel devido à sua elevada tensão de vapor. Este quando se encontra na sua forma elementar apresenta uma baixa solubilidade, no entanto quando fica dissolvido, consegue alternar entre os diversos estados de oxidação que possui, podendo ser convertido a formas orgânicas. É um fraco condutor de calor, em contrapartida é um bom condutor de eletricidade e tem a capacidade de formar amálgamas com outros metais (Ex: ouro e prata) (Damas *et al.*, 2014).

Existem três estados de oxidação que caracterizam o mercúrio, entre eles o  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{Hg}^+$  e o  $\text{Hg}^{2+}$ , sendo assim possível encontrá-lo na sua forma elementar e na forma de compostos orgânicos e inorgânicos. Atuando como monovalente dá origem a  $\text{Hg}_2\text{O}$  e  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , contudo pode ser também bivalente e nesse caso forma o  $\text{HgO}$  e o  $\text{HgCl}_2$ , sendo estes compostos

denominados por compostos inorgânicos. Relativamente a compostos orgânicos, podem ser formados o metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) e o dimetilmercúrio ( $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ) (figuras 1.14 e 1.15, respetivamente), que são compostos estáveis por ligação a um ou dois átomos de carbono respetivamente. De realçar que o mercúrio, consoante as condições físico-químicas em que está inserido, pode dar origem às mais variadas espécies existentes (NRC, 2000).



**Figura 1.14** Estrutura química do Metilmercúrio (MeHg).



**Figura 1.15** Estrutura química do Dimetilmercúrio.

O Hg é exposto no meio ambiente por fontes naturais ou antropogénicas, como já foi referido. Em relação às fontes naturais, estas devem-se principalmente a processos naturais de desgaseificação da crosta terrestre, depósitos minerais e vulcões e evaporação a partir da água e solos. No entanto, exemplos como pesticidas e fungicidas, tintas, resíduos de indústrias e equipamentos elétricos e atividade mineira constituem as fontes antropogénicas que originam a presença do mercúrio no ecossistema. O mercúrio metálico é muito persistente no meio ambiente e, independentemente da fonte inicial, o vapor de Hg que atinge a atmosfera pode solubilizar-se nas águas das chuvas, depositando-se assim nos solos, constituindo uma das maiores fontes de contaminação para o Homem. Existem dois tipos de alterações químicas que podem ocorrer. Uma delas, como já foi referido, é o facto de o vapor de Hg voltar para a atmosfera, tornando-se assim em mais uma fonte de exposição, visto que a inalação deste vapor também provoca efeitos nocivos. No outro tipo de alteração química, o mercúrio pode ser metilado através da ação de microrganismos presentes nos sedimentos aquáticos (Clarkson, 2002). Na figura 1.16 está demonstrado o ciclo de formação do metilmercúrio.

### Ciclo de formação de metilmercúrio

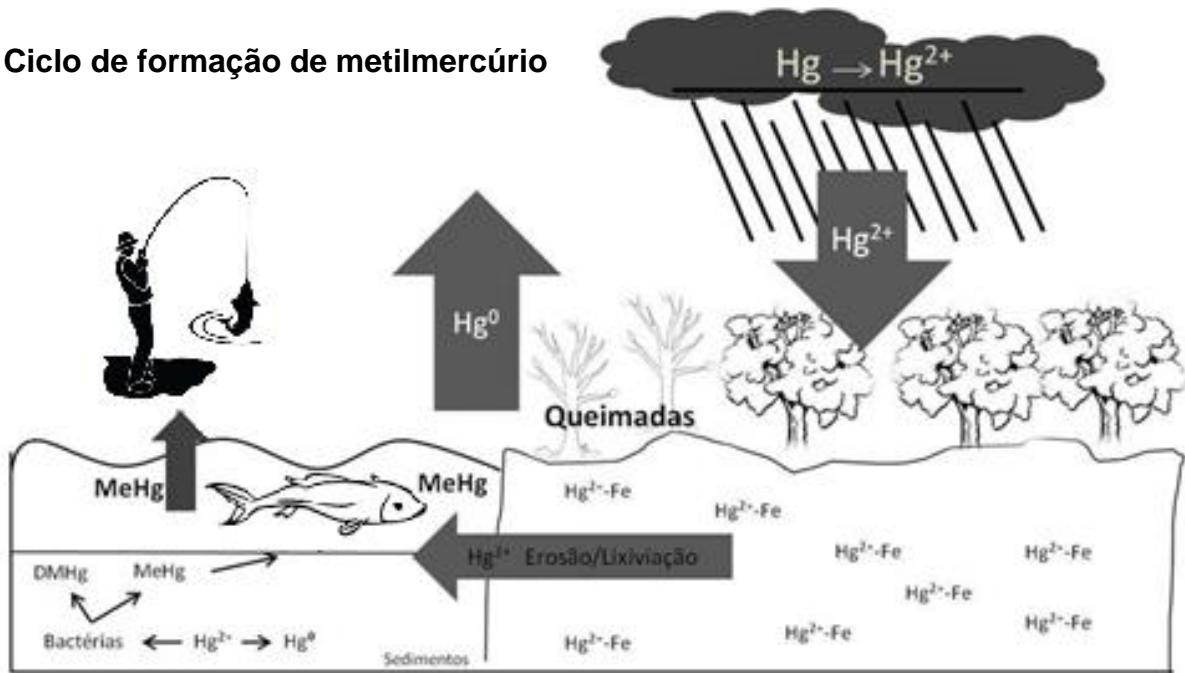


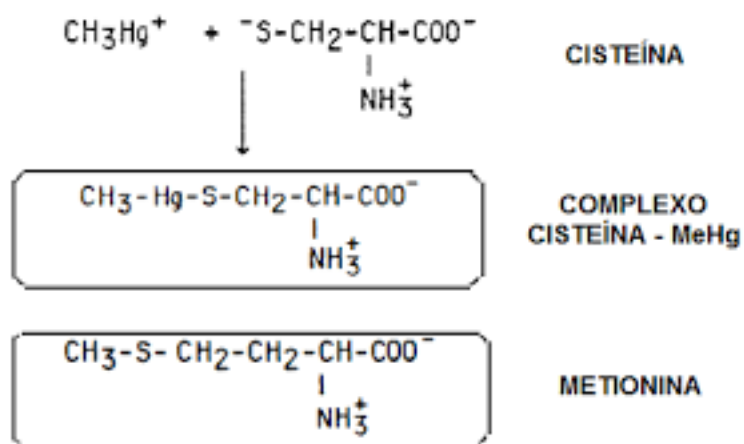
Figura 1.16 Ciclo de formação de metilmercúrio (MeHg). Adaptado de Arrifano (2011).

O metilmercúrio, ou MeHg, é a forma mais importante de exposição humana através da dieta alimentar e corresponde a cerca de 90% do mercúrio total. Este é um composto orgânico proveniente do Hg e insere-se na cadeia alimentar através de uma rápida difusão e ligação às proteínas e distribui-se pelos tecidos ou a partir do plâncton que é consumido por peixes não predadores, que mais tarde servem de alimento a peixes predadores. Assim existe um acumular de MeHg na cadeia alimentar aquática, acabando por originar elevadas concentrações de metilmercúrio nos peixes que quando são consumidos pelos humanos podem trazer efeitos adversos à saúde dos mesmos. A bioconcentração de metilmercúrio nos peixes chega a ser de 1000 vezes maior que a concentração de mercúrio na água. Os peixes eliminam o metilmercúrio muito lentamente e nos adultos essa eliminação tem uma meia vida média de 80,2 dias, mais especificamente, 81,6 dias no sexo masculino e 78,9 dias no sexo feminino (Jo *et al.*, 2015; Snodgrass, 2016).

Deste modo, o consumo de peixe, marisco e animais marinhos torna-se na principal fonte de exposição ao MeHg para a população humana, sendo o contributo do ar e da água insignificante em termos de efeitos adversos. De certa forma, não será uma preocupação para a população em geral, no entanto determinados grupos devem de ter uma atenção especial, nomeadamente grupos onde o consumo de peixe se encontra em grande quantidade, mulheres que se encontrem grávidas e a amamentar e crianças. Como já foi visto anteriormente, existem casos em que o consumo médio de peixe é de duas a três vezes por semana, mas pode haver situações em que esse consumo chega mesmo a atingir as doze vezes semanais (HHS & EPA, 2004).

O sistema de órgãos do corpo humano, quando exposto ao MeHg, pode sofrer diferentes efeitos adversos. Vários estudos demonstram que o metilmercúrio em doses elevadas influencia negativamente o desenvolvimento do feto e de crianças, mais especificamente, atraso mental, paralisia cerebral, surdez, cegueira e disartria (má articulação das palavras), e em adultos leva a danos sensoriais e motores. Existe ainda a evidência que a exposição a este composto pode causar danos severos no sistema cardiovascular (NRC, 2000).

O mecanismo de toxicidade que este composto utiliza possivelmente não resulta de uma única ação. Ele é extremamente tóxico, uma vez que quando transcende a barreira hematoencefálica (BHE) causa neurotoxicidade e mais recentemente foi comprovado que a passagem por esta barreira se deve ao facto de o complexo formado entre o MeHg com o grupo tiol (-SH) do isómero L-cisteína ser transportado, muito provavelmente por ser semelhante ao aminoácido L-metionina (figura 1.17) (Clarkson, 2002).



**Figura 1.17 Estruturas químicas da Cisteína, Cisteína-MeHg e Metionina. Adaptado de Clarkson (1993).**

O MeHg também tem a capacidade para se ligar a diversos grupos funcionais, conseguindo deste modo bloquear outros sistemas enzimáticos de onde resultam lesões celulares não específicas ou mesmo a morte celular (Castoldi *et al.*, 2001).

A neurotoxicidade em crianças é um tema preocupante, uma vez que o MeHg pode afetar o sistema nervoso desde a fase embrionária até à adolescência, sendo que os danos cerebrais em adulto não têm tendência em ocorrer com tanta frequência. É importante referir que o mercúrio, independentemente da sua forma, consegue penetrar a placenta, logo uma mãe que consuma peixe que esteja contaminado com MeHg vai involuntariamente passá-lo através da placenta e/ou do leite. As crianças têm a probabilidade de estar expostas a quantidades baixas de metilmercúrio durante um longo período de tempo, acabando por retardar a aprendizagem na escola devido à incapacidade para reter informação ou, quando a exposição é demasiado alta numa única vez, efeitos como paralisia cerebral, perda de capacidade motora, movimentos

musculares involuntários, convulsões, disartria, alterações no campo visual e auditivo e distúrbios sensoriais, fazem notar-se de imediato (Zahir *et al.*, 2005).

Nos adultos, à semelhança das crianças, os principais efeitos adversos são a parestesia, ataxia e disartria, bem como as alterações nos sistemas auditivos e de visão. Pensa-se que o MeHg é o responsável por causar diversos danos ao nível das células nervosas porque este acumula-se no cérebro e deposita-se na mitocôndria, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, membrana nuclear e lisossoma, acabando por interferir nas funções de transporte de células, com especial atenção para os neurotransmissores cerebrais. Uma intoxicação crónica derivada deste composto pode causar sintomas semelhantes aos de esclerose múltipla, síndrome de Parkinson ou Alzheimer (NRC, 2000).

Por último, existem alguns efeitos adversos, também associados ao consumo de peixe contaminado com mercúrio que podem ocorrer a longo prazo como a morte por enfarte, doença coronária e outras doenças cardiovasculares (Stern, 2005).

Com base num estudo efetuado em oito países europeus e em Israel, foram relacionados os níveis de Hg e de ácidos gordos com os riscos de ataques cardíacos em que a taxa presente no organismo de mercúrio foi diretamente associada ao risco de doença cardiovascular e os ácidos gordos à redução do seu risco, tendo assim os dois efeitos tendência para se anularem. Para se continuar a manter os benefícios dos EPA e DHA, deve evitar-se o consumo de peixe contaminado com MeHg (Guallar *et al.*, 2002).

A Autoridade Europeia da Segurança Alimentar (EFSA) definiu em 2004 como dose tolerável de ingestão semanal (DTS) ou *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) com base na avaliação do *FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) propôs um valor de 1,6 µg de mercúrio/kg de peso corporal/semana. No entanto a própria EFSA reduziu esse valor em 2012 para 1,3 µg de mercúrio/kg de peso corporal/semana (EFSA, 2012). No Canadá o valor recomendado encontra-se nos 1,4 µg de mercúrio/kg de peso corporal/semana (Health Canada, 2007). Na tabela 1.6 podemos encontrar um resumo dos valores aqui discutidos, chegando à conclusão de que são todos muito semelhantes e todos com o mesmo objetivo evitar o risco de exposição crónica ao mercúrio recomendando as doses máximas seguras para os humanos que não devem de ser excedidas.

**Tabela 1.6 Dose Tolerável de Ingestão Semanal (DTS) do mercúrio proposta por várias entidades competentes.**

Entidade Competente	EFSA	JECFA	Health Canada
DTS ou PTWI (µg de mercúrio/kg de peso corporal/semana)	1,3	1,6	1,4

### **1.4.2 Cádmio**

O Cádmio (Cd) pertence ao grupo 2 da tabela periódica é um metal não essencial, possui um estado de oxidação de +2, é quimicamente semelhante ao zinco, macio, flexível, inodoro, maleável, estável e muito resistente à corrosão. No seu estado puro pode possuir uma forma metálica ou em pó e usualmente é encontrado sob a forma de ião metálico bivalente. Descoberto em 1817, começou por ser utilizado em pigmentos para tintas, na forma de sulfitos e também em amálgamas dentárias. No entanto, este é um elemento químico que não se encontra na natureza no seu estado puro, uma vez que o cádmio se combina com outros elementos químicos como o oxigénio formando o óxido de cádmio, o cloro que origina o cloreto de cádmio ou o enxofre resultando assim sulfato e sulfito de cádmio. São compostos que se apresentam na forma sólida, têm diferentes solubilidades em água e possuem uma grande resistência a altas temperaturas e produtos químicos. Apesar de possuir algumas propriedades como o baixo ponto de fusão e resistência à corrosão, este é um metal pouco utilizado no seu estado mais puro (NTP, 2011).

As ações do Homem, principalmente nos últimos dois séculos, têm contribuído para o aumento das emissões de cádmio para a atmosfera. Surge na crosta terrestre em rochas e solos, como consequência de fenómenos naturais (erupções vulcânicas, erosão e abrasão de rochas) ou incêndios florestais. Fontes antropogénicas, indústrias de fundição e refinação de metais não-ferrosos, indústrias mineiras, incineração de resíduos domésticos e municipais, combustão de combustíveis fósseis e o fabrico e aplicação de fertilizantes agrícolas, são alguns exemplos de atividades que contribuem para a emissão de Cd (FAO/WHO, 2011).

O cádmio existe no ar, solo e água e circulando entre eles consegue permanecer no ambiente por longos períodos uma vez que não se degrada e pode variar entre diferentes formas químicas. Este metal pesado consegue viajar por longas distâncias e por deposição gravitacional, sendo que após a ocorrência de uma dissolução na humidade atmosférica vai acumular-se nos solos e nas águas sob a forma de poeiras, chuva ou neve. No entanto a mobilidade do Cd nos solos depende de vários fatores como o pH e o conteúdo em matéria orgânica, tornando-se disponível para absorção pelas plantas, outros organismos vivos e também pelos ecossistemas aquáticos (ATSDR, 2012).

Os primeiros estudos relativamente à exposição a este metal surgiram entre os anos 30 e 40, quando lesões pulmonares e renais surgiram em trabalhadores do ramo industrial e desde então que é reconhecida a possibilidade deste metal provocar efeitos agudos e crónicos no Homem. A doença óssea endémica, conhecida como *Itai-itai*, ocorreu no Japão e é caracterizada por fraturas ósseas e dores intensas, proteinúria, osteomalacia severa e osteoporose, disfunção renal, deficiências imunitárias, anemias e deformações a nível do esqueleto. Surgiu maioritariamente entre mulheres e foi causada pela ingestão prolongada de



arroz e água contaminada com cádmio, durante um longo período de 30 anos (Inaba *et al.*, 2005). A figura 1.18 é um exemplo das consequências provocadas pelo cádmio, mais especificamente referente à doença *Itai-itai*.



**Figura 1.18 Consequências da exposição prolongada ao cádmio (Doença *Itai-itai*). Adaptado de Fernandes & Mainier (2014).**

Relativamente à exposição a este metal, esta ocorre geralmente através de via oral, inalatória e por contacto dérmico, sendo a absorção por contacto dérmico insignificante. A ingestão de alimentos e água contaminada constituem a principal fonte de exposição por via oral, por outro lado, em relação à via inalatória, destaca-se o fumo do cigarro e do ar que se respira. No caso da população que não fuma, os alimentos constituem cerca de 90% do total, enquanto que os restantes 10% são provenientes do ar que se respira e da água que é ingerida. Nos fumadores, a principal fonte de exposição é, naturalmente, o fumo do tabaco (EFSA, 2009).

O cádmio entra no organismo humano principalmente através de solos agrícolas que se encontrem contaminados. Este é um metal que, ao contrário dos outros metais pesados, é eficazmente absorvido pelas plantas através do seu sistema radicular, sendo as folhas a zona onde mais se acumula. Além disto, o Cd tem a capacidade ainda de se acumular nos mamíferos e aves, nomeadamente nos tecidos adiposos de animais que frequentam zonas contaminadas. Esta exposição pode também ocorrer durante o processamento de alimentos, no caso dos materiais usados na produção, armazenamento, distribuição, venda e preparação culinária se encontrarem contaminados (Poças & Hogg, 2007).

Nos géneros alimentícios provenientes de animais, o cádmio encontra-se em maiores concentrações nas vísceras tais como o fígado e rins e em espécies de moluscos e crustáceos



(ostras, cefalópodes e caranguejos). Comparando com outros alimentos como os vegetais, cereais e raízes, os peixes têm tendência a acumular mais cádmio, gerando assim uma grande preocupação visto que a alimentação à base de peixe está em crescimento contínuo. Recorrendo a um estudo realizado nas Ilhas Canárias, foi identificado o peixe como a maior fonte de exposição ao cádmio, tendo em conta que constituía cerca de 36% da dieta da população em geral (Rubio *et al.*, 2006).

A toxicidade de um metal vai depender da dose ou do tempo de exposição, da forma física e química em que se encontra e da via pela qual é administrado/absorvido. O carácter tóxico de um determinado elemento químico está dependente da interação que este tem com o organismo, sendo que esta ocorre em 3 fases, em que primeiro existe a entrada e a absorção no corpo, seguida do transporte, distribuição, acumulação e biotransformação e por último, o efeito causado e a saída do organismo. Diversos estudos demonstram que o cádmio depois de ser absorvido é distribuído pelo organismo sendo encontrado nas células sanguíneas, ligado às proteínas do soro, como a albumina e outras glicoproteínas ou ainda a metaloproteínas produzidas pelo fígado. O cádmio é um elemento persistente que se acumula no organismo humano ao longo do tempo principalmente nos rins e no fígado e foi detetado que tem uma meia vida aproximadamente de 10 anos, no entanto existem outros estudos que mostram que esta meia vida pode ser extensível até 40 anos (Fernandes & Mainier, 2014).

Não existe um tratamento para intoxicações crónicas provocados pelo cádmio e os seus efeitos adversos são potenciados na presença de zinco, cobre e selénio. Além da toxicidade crónica, também apresenta uma toxicidade aguda, sendo que a dose letal em humanos se encontra entre os 350 e 500 mg. Como sintomas característicos da exposição a este metal pesado encontram-se a osteoporose, excesso de cálcio expelido pela urina e alteração na síntese de proteínas, o que sugere que o cádmio interfere nos processos em que o cálcio atua como protagonista, devido à similaridade química que existe entre os elementos. No entanto, diversos cancros também estão associados à ingestão do cádmio, tais como cancro da próstata, no fígado ou estômago, nos rins e trato urinário, bem como efeitos tóxicos ao nível dos pulmões e sistema reprodutor. O acumular no organismo pode ainda ser responsável pelo desenvolvimento de outros efeitos adversos, como por exemplo a hipertensão, doenças do coração, enfisema, formação de cataratas nos olhos, atrofia muscular, porosidade nos ossos, alterações na memória, cognitivas e psicomotoras (Fernandes & Mainier, 2014).

Relativamente às semelhanças que existem com outros elementos químicos, o cádmio na sua forma iónica ( $\text{Cd}^{2+}$ ), é bastante semelhante em termos de tamanho a dois iões metálicos muito importantes, nomeadamente o  $\text{Zn}^{2+}$  e o  $\text{Ca}^{2+}$ , tornando esta semelhança num grave problema, visto que o cádmio tem o poder para se deslocar e substituir o zinco de certas enzimas

proteicas encontradas no fígado, rins, intestinos, pâncreas e testículos e de substituir o cálcio no tecido ósseo (doença de *Itai-itai*) (Fernandes & Mainier, 2014).

Em 2009, o Painel sobre Contaminantes na Cadeia Alimentar da EFSA (Painel CONTAM) estabeleceu uma dose semanal tolerável para o cádmio de 2,5 µg de cádmio/kg de peso corporal/semana. Um ano mais tarde, a *FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) fez uma reavaliação sobre o cádmio e estabeleceu uma dose mensal de 25 µg de cádmio/kg de peso corporal/mês, correspondendo a um valor semanal de 5,8 µg de cádmio/kg de peso corporal/semana. Em 2011, com base nos dois valores apresentados, foi pedido à EFSA que confirmasse o valor que em 2009 tinha ditado como valor máximo semanal em relação à ingestão de cádmio. Assim, o Painel CONTAM fez uma revisão e concluiu que o valor estabelecido por eles no ano de 2009 era para ser mantido de modo a garantir o nível de proteção máxima dos consumidores, incluindo os subgrupos da população como as crianças, vegetarianos ou pessoas que habitam em zonas muito contaminadas (EFSA, 2011).

#### **1.4.3 Chumbo**

O chumbo (Pb) é caracterizado como um metal pesado facilmente maleável, com resistência à corrosão e com um baixo ponto de fusão. Atualmente ainda é muito utilizado, principalmente em diversas áreas industriais e é conhecido por causar toxicidade nos adultos a nível da medula óssea, fígado, rins e no sistema nervoso central (Rocha *et al.*, 2017).

Foi um metal utilizado em reservatórios para conservação de alguns alimentos e em canalizações de transporte de água potável. A gasolina, em 1921, era comercializada contendo teores elevadíssimos de chumbo, no entanto outras atividades como minerações, fundições e lixo eletrônicos foram contribuindo para o aumento dos níveis de chumbo ao longo dos anos, surgindo assim, tanto a nível ambiental como social, as questões relacionadas com a toxicidade deste metal pesado. A gasolina atualmente não tem chumbo na sua constituição e algumas tintas e cerâmicas deixaram de ser comercializadas, mas é um elemento químico que está presente em baterias, canalizações, revestimentos de telhados e em protetores de radiação na região dos raios-X. Além das atividades praticadas pelo homem, existem ainda fenómenos naturais que também contribuem para o aumento dos níveis de chumbo na crosta terrestre, nomeadamente erupções vulcânicas e movimentos tectónicos. É um elemento que é pouco solúvel em água e realiza interações fortes com determinadas partículas que se encontram nos solos, o que determina que as plantas têm uma baixa taxa de absorção. O principal meio de transporte é a atmosfera e é por esta via que as plantas e os vegetais absorvem este metal tóxico (WHO, 2010).

O Homem pode estar exposto a este metal das mais diversas formas, no entanto a alimentação é a principal fonte de exposição. Cerca de 50% da exposição em alimentos é

proveniente de vegetais, sendo que a maior acumulação de chumbo está situada nos cereais e especiarias. As bebidas ácidas, como exemplo as bebidas alcoólicas e alimentos enlatados, podem também contribuir para o aumento da probabilidade de exposição. A poluição atmosférica é a segunda maior fonte de exposição e como exemplo temos as queimadas. Além do que já foi referido, o chumbo também se encontra em folhas de tabaco, produtos de cosmética e alguns medicamentos. De realçar que a contaminação derivada de águas de consumo pode dever-se ao facto das tubagens e torneiras possuírem chumbo como contaminante (WHO, 2010).

Relativamente à toxicidade do chumbo, as vias respiratórias e a via oral constituem as principais vias pelas quais existe maior probabilidade de ocorrer toxicidade. Como o Pb não é metabolizado pelo organismo, após a contaminação, este é absorvido, distribuído e excretado (Rocha *et al.*, 2017).

Após o organismo absorver este tóxico, o chumbo vai interagir com os metabolismos do zinco, ferro e cálcio e caso estes estejam em deficiência no organismo, vai existir uma competição pelo mecanismo de transporte, resultando num aumento deste metal no sangue, ossos, rins, cérebro e fígado. Numa exposição única, a concentrações elevadas, este metal começa de imediato a demonstrar os seus efeitos adversos, tais como perturbações gastrointestinais (anorexia, náuseas, vómitos e dores abdominais), lesões renais e hepáticas, hipertensão e efeitos neurológicos (sonolência e encefalopatia). Caso se trate de uma exposição prolongada, pode observar-se anemia, dores de cabeça, irritabilidade, letargia, convulsões, fraqueza muscular, ataxia, tremores, paralisia e cancro, como sintomas de toxicidade (WHO, 2010).

A absorção do chumbo é cerca de 5 a 15% em adultos, sendo nas crianças um pouco mais alto. Este é um elemento químico que é considerado possivelmente cancerígeno e pode afetar a fertilidade, mas ainda não estão definidas doses toleráveis de ingestão semanal e sabe-se que em áreas contaminadas o pescado tem apresentado níveis elevados de chumbo na sua constituição, sendo estes mais altos nos crustáceos do que nos peixes (Maehre *et al.*, 2016).

Embora a toxicidade deste metal seja um tema altamente explorado e abrangente, a exposição ainda não está totalmente controlada. O poder de toxicidade do chumbo pode causar efeitos irreversíveis, principalmente nos sistemas nervoso, hematopoiético, cardiovascular, renal e reprodutivo. O chumbo apresenta meias vidas diferentes consoante o local onde está acumulado, isto é, no sangue a meia vida varia entre os 25 a 30 dias (10 a 12 meses no caso das crianças), nos tecidos moles é de aproximadamente 60 dias, no osso trabecular situa-se entre os 90 e 120 dias e por último, o mais preocupante, no osso cortical em que a meia vida é de 25 a 30 anos (Capitani, 2009).

#### **1.4.4 Espectrofotometria de Absorção Atômica**

A Espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS) é uma das técnicas mais utilizadas para fins analíticos. É uma técnica em que os átomos gasosos livres absorvem radiação eletromagnética a um comprimento de onda específico de forma a produzir um sinal mensurável. Esse sinal de absorção é proporcional à concentração dos átomos que o absorvem, portanto para serem efetuadas medições através desta técnica, o analito deve primeiramente ser convertido em átomos gasosos, geralmente pela aplicação de calor a uma célula com o nome de atomizador (Fernandéz *et al.*, 2019).

A AAS tem sido bastante requisitada em laboratórios de pesquisa, bem como nas indústrias alimentares, ambientais, farmacêuticas e petrolíferas. É uma técnica que pode ser efetuada por três processos distintos, nomeadamente a Espectrofotometria de Absorção Atômica por Chama (FAAS), Espectrofotometria de Absorção Atômica por Atomização Eletrotérmica (ETAAS), sendo também conhecido por Espectrofotometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite (GFAAS) e, por último, a Espectrofotometria de Absorção Atômica por Geração de Vapor Químico (CVG-AAS) (Ferreira *et al.*, 2018).

A escolha do processo a utilizar é determinada consoante a natureza química do analito presente na amostra, bem como a sua composição química e o estado físico em que se encontra. O uso da espectrofotometria de absorção atômica em amostras sólidas requer instrumentações específicas ao contrário das amostras líquidas. A FAAS é o método que tem a abordagem mais simples, apesar de ser o que tem a menor sensibilidade em relação aos outros métodos existentes. Relativamente ao ETAAS, este possui uma excelente aplicabilidade, uma vez que permite a análise direta de amostras sólidas e possui uma maior sensibilidade do que a anterior, no entanto é requerido uma otimização eficiente na programação da temperatura e da escolha do modificador da matriz para que se obtenha resultados válidos. Para concluir, a CVG-AAS, tem uma excelente sensibilidade e antigamente estava restrito a alguns elementos, tais como o arsénio, selénio, cádmio e chumbo, no entanto, pesquisas desenvolvidas recentemente permitiram ampliar o leque de elementos químicos para os quais é possível efetuar as devidas determinações. O uso da Espectrofotometria de Absorção Atômica por Vapor Frio é uma técnica utilizada exclusivamente para a determinação de mercúrio e cádmio, tem uma elevada sensibilidade e é um dos métodos mais recomendados para a determinação do teor de mercúrio (Ferreira *et al.*, 2018).

### **1.5 Legislação**

O *Codex Alimentarius* (do latim Código dos Alimentos) é um conjunto de normas alimentares implementadas internacionalmente e apresentadas de forma uniforme. Inclui algumas disposições de natureza consultiva na forma de códigos de boas práticas, diretrizes e outras medidas recomendadas que estão destinadas a alcançar os objetivos deste documento. A Comissão do *Codex Alimentarius* considerou que os códigos de boas práticas poderiam ser utilizados como uma lista de verificação de requisitos pelas autoridades nacionais encarregadas pelo controlo dos alimentos (FAO/WHO, 2009).

As pessoas têm o direito de ter expectativas relativamente à segurança e à qualidade dos alimentos que consomem. Várias doenças e danos provocados pelos alimentos, são uma realidade e podem mesmo chegar a ser fatais em alguns casos, no entanto, além de afetar a saúde pública, pode também prejudicar o comércio e o turismo, resultando em perdas económicas, desemprego e conflitos. Os alimentos que se encontrem em estado de deterioração são um desperdício e aumentam os custos, acabando por afetar o comércio e a confiança do consumidor (FAO/WHO, 2009).

A atividade de importação e exportação de alimentos é cada vez maior, e como consequência trazem não só benefícios socioeconómicos, mas também a disseminação de doenças ao redor do mundo. Os hábitos alimentares têm mudado muito ao longo das últimas décadas, por consequência são exigidas novas técnicas de produção, preparação e distribuição de alimentos, por isso foi necessário implementar um sistema para fazer um controlo eficaz da higiene com a finalidade de manter a integridade dos alimentos de modo a que a saúde pública e o comércio não fossem prejudicados. Desta forma, todos os fabricantes e processadores, manipuladores de alimentos e agricultores têm a responsabilidade de garantir que estão a fornecer um alimento seguro e adequado para consumo (FAO/WHO, 2009).

Assim, foram definidos os Princípios Gerais do *Codex Alimentarius* de forma a estabelecer uma base sólida para garantir a higiene dos alimentos e, quando apropriado, devem de ser utilizados em conjunto com os códigos de boas práticas de higiene específicos e com as diretrizes sobre critérios microbiológicos. Este é um documento que acompanha toda a cadeia alimentar, desde a produção primária até ao consumidor final, sempre dando ênfase aos controlos de higiene efetuados em cada fase da produção. Os Princípios Gerais são dirigidos a governos, indústrias e aos consumidores, e estes são:

- Identificar os princípios fundamentais de higiene dos alimentos aplicáveis em toda a cadeia de alimentos, ou seja, desde a produção primária até ao consumidor final, de modo a garantir que os alimentos produzidos sejam seguros e adequados para o consumo humano;

- Recomendar a aplicação de um sistema HACCP como um meio para aumentar a segurança alimentar;
- Indicar como implementar tais princípios, fornecendo uma orientação para o desenvolvimento de códigos específicos, necessários a qualquer sector da cadeia alimentar, processos e produtos, a fim de ampliar os requisitos de higiene (FAO/WHO, 2009).

#### **1.5.1 Regulamento (CE) N.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de janeiro de 2002**

O Regulamento (CE) N.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de janeiro de 2002 foi responsável por determinar os princípios e normas gerais da legislação alimentar, criou a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) que estabelece os procedimentos relativos à matéria de segurança dos géneros alimentícios. Tem o objetivo de garantir um elevado nível de proteção da saúde humana, bem como dos interesses dos consumidores relativamente aos géneros alimentícios, tendo em conta fatores como a diversidade da oferta de géneros alimentícios no mercado, incluindo produtos tradicionais, assegurando ao mesmo tempo o bom funcionamento do mercado interno. Este regulamento estabelece princípios e responsabilidades comuns de maneira a que exista uma base científica, disposições e procedimentos organizacionais eficientes para que sirvam de base à tomada de decisões em questões relativas à segurança dos alimentos. É aplicado a todas as fases de produção, transformação e distribuição de géneros alimentícios, mas não se aplica à produção primária destinada a uso doméstico nem à preparação, manipulação e armazenagem domésticas de géneros alimentícios para consumo próprio.

##### **a) Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA)**

A Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) é uma agência europeia, financiada pela União Europeia (UE), que atua independentemente das instituições europeias legislativas e executivas (Comissão, Conselho e Parlamento) e dos Estados-Membros da UE. Foi criada em 2002, após terem surgido uma série de crises alimentares no final dos anos 90, com o objetivo de fazer pareceres científicos, bem como, comunicar à população os riscos que estão associados à cadeia alimentar. Esta agência como avaliadora de riscos emite pareceres e aconselhamentos com base nas políticas e legislação europeia e atuam nas áreas da segurança alimentar, nutrição, saúde e bem-estar animal, proteção de plantas e fitossanidade (EFSA, s.d.).

Além do que foi descrito, a EFSA considera também importante fazer um estudo sobre os possíveis riscos ambientais que podem ter impacto em toda a cadeia alimentar, nomeadamente na biodiversidade de habitats de plantas e animais. Desde que foi criada, já

foram emitidos pareceres científicos relativamente a diversas questões, tais como: a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), *Salmonella*, aditivos alimentares (ex: aspartame), alergénios, organismos geneticamente modificados, pesticidas e problemas de saúde animal como a gripe das aves. Desempenha também um papel importante no que toca à recolha e análise de dados de modo a garantir que a avaliação de riscos na Europa seja apoiada pelas informações científicas mais recentes e abrangentes (EFSA, s.d.).

A comunicação dos riscos é o outro ponto-chave desta agência, uma vez que esta comunicação significa fornecer informações que sejam adequadas, precisas e oportunas sobre segurança alimentar, com o objetivo de contextualizar e explicar as implicações que todo o trabalho científico possui. Como os resultados científicos nem sempre conseguem ser transformados em diretrizes mais simples, uma das tarefas da EFSA é comunicar de forma clara os seus pareceres, não só aos principais parceiros e partes interessadas, mas também ao público em geral, de modo a que se crie um elo de ligação entre a ciência e o consumidor (EFSA, s.d.).

### **1.5.2 Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE)**

O Decreto-Lei n.º 237/2005, de 30 de dezembro criou a Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) com o objetivo de fiscalizar e conferir o cumprimento da legislação em vigor relativamente ao exercício das atividades económicas no sector alimentar, nomeadamente em estabelecimentos industriais e comerciais e nos sectores não alimentares. Além disso, tem ainda o dever de avaliar e comunicar os riscos presentes na cadeia alimentar, tornando-se assim na autoridade nacional responsável pela coordenação do controlo oficial dos géneros alimentícios, possuindo ligações com outros Estados-Membros e desempenhando o papel de Órgão de Polícia Criminal. De modo a que os objetivos fossem cumpridos, organizações como a Direcção-Geral do Controlo e Fiscalização da Qualidade Alimentar (DGFCQA), Agência Portuguesa da Segurança Alimentar, I. P. (APSA) e a Inspeção-geral das Atividades Económicas (IGAE) foram extintas e juntas deram origem a uma única organização, a ASAE. Deste modo, a ASAE adquiriu todas as competências que estavam relacionadas com as organizações extintas e atua em cooperação com a EFSA, conforme o que está estipulado no Regulamento (CE) n.º 178/2002. A ASAE, é um serviço central da administração direta do Estado dotado de autonomia administrativa e esta possui diferentes unidades orgânicas desconcentradas, designadas por unidades regionais (Unidade Regional do Norte, Unidade Regional do Centro e Unidade Regional do Sul). A ASAE é dirigida por um inspetor-geral, coadjuvado por dois subinspetores-gerais, cargos de direção superior dos 1º e 2º graus, respetivamente e é ainda composta por um conselho científico (Decreto-Lei n.º 274/2007; Decreto-Lei n.º 194/2012).



Com o foco de proteger os consumidores, a saúde pública e promover a concorrência leal entre os operadores económicos, a ASAE tem a competência de emitir e comunicar pareceres científicos e técnicos, recomendações e avisos que estejam relacionados com a segurança alimentar e que caracterizem os riscos alimentares, de modo a assegurar a total transparência para com os consumidores. Conforme o que está previsto no Regulamento (CE) n.º 882/2004, de 29 de abril, existe a necessidade de elaborar um plano de controlo regular e que seja proporcional ao risco, em relação aos géneros alimentícios, assim a ASAE criou dois planos de controlo o Plano Nacional de Fiscalização Alimentar (PNFA) e o Plano Nacional de Colheita de Amostras (PNCA), ambos enquadrados no Plano Nacional Plurianual Integrado (PNCPI). Relativamente à área económica, de forma a garantir que o previsto no Regulamento (CE) n.º 765/2008, de 9 de julho seja cumprido, foi desenvolvido o Programa de Fiscalização do Mercado (PFM) para assegurar as boas práticas na comercialização de produtos (ASAE, 2018).

#### **a) Plano Nacional de Colheita de Amostras (PNCA)**

A ASAE elabora um plano de controlo de géneros alimentícios que estão à venda ao consumidor final, o Plano Nacional de Colheita de Amostras (PNCA), que em 2018 completou 10 anos de existência. Este é gerido na íntegra pela ASAE e destina-se a salvaguardar os direitos do consumidor bem como a integridade dos géneros alimentícios para que estes não coloquem em perigo a saúde e a segurança humana. Para que o plano seja cumprido, é feita uma análise da conformidade dos alimentos, nos termos da legislação alimentar, ao nível da avaliação dos parâmetros microbiológicos, químicos, físicos e tecnológicos, bem como da sua rotulagem, apresentação e publicidade. Os resultados laboratoriais obtidos, para além de proporcionarem informação e experiência a transpor para o delineamento das atividades de controlo e monitorização futuras, nomeadamente ao nível das prioridades a estabelecer, constituem uma fonte nacional de informação relativa à ocorrência dos diferentes tipos de perigos nos vários grupos de alimentos que, aliado aos dados do consumo atualmente disponíveis através do Inquérito Alimentar Nacional e da Atividade Física permitem proceder à avaliação da exposição a diferentes perigos a que os consumidores estão sujeitos na sua dieta. Resumindo, os principais objetivos deste plano são verificar se os géneros alimentícios colocados à venda no mercado são seguros e se estes não induzem o consumidor em erro com falsas informações (Carmona *et al.*, 2019).

Este é um plano que é estabelecido anualmente e está dividido em três etapas, nomeadamente o planeamento, execução e monitorização e avaliação dos dados. Em relação ao planeamento, a Divisão de Riscos Alimentares (DRA) procede à avaliação do risco que determinados grupos de géneros alimentícios apresentam para o consumidor e de acordo com os resultados obtidos, é definido o número de amostras que deve de ser colhido para cada grupo e subgrupo. De acordo com as capacidades dos laboratórios da ASAE, são definidas as



determinações que devem de ser efetuadas para cada alimento para que as fases seguintes sejam possíveis de executar. O próximo passo é a execução do plano; este começa pelo lançamento das planificações trimestrais após uma reunião entre a DRA, os Laboratórios de Segurança Alimentar (LSA) e a Unidade Nacional de Operações (UNO), que é a responsável pela operacionalização do plano no terreno. Posto isto, é feita a colheita de amostras por parte das várias unidades regionais que se deslocam a todos os locais de consumo ao nível de retalho, com o objetivo de cobrir todo o território nacional. As amostras colhidas são devidamente registadas num sistema de gestão documental desenvolvido especificamente para a ASAE denominado de GESTASAE. Posteriormente, as amostras dão entrada nos laboratórios onde vão ser emitidos e registados, na plataforma LABWAY, os boletins analíticos com os respetivos resultados das determinações efetuadas. Por último, é feita uma monitorização e avaliação dos dados obtidos, onde ocorre a junção dos dados da GESTASAE, LABWAY e de uma tabela elaborada pela DRA que contém os registos resultantes das apreciações técnicas. Esta imensidão de dados vai dar origem ao relatório anual do PNCA, que serve de base para investigações e/ou projetos científicos. Pode ainda ser enviado para a EFSA e para a parte operacional da ASAE, esta última, com o objetivo de criar uma base para a elaboração do seu Plano Nacional de Fiscalização Alimentar (PNFA) (Carmona *et al.*, 2019).

Os géneros alimentícios são divididos em treze grandes grupos e cada grupo é dividido em subgrupos. Os grandes grupos são, mais especificamente, as carnes, produtos de pesca, produtos lácteos, prontos para consumo, hortícolas e fruta, frutos secos e secados, condimentos, temperos e especiarias, cereais e seus derivados, ovos e derivados, óleos, gorduras e azeites, doces e mel, bebidas não alcoólicas e bebidas alcoólicas. A escolha das determinações a efetuar em cada grupo é baseada nos perigos que podem estar associados, sejam eles microbiológicos, químicos ou nutricionais, no tipo de aditivos utilizados e no modo de apresentação, e isto tendo sempre em conta o enquadramento com a legislação em vigor. Além disto, as amostras colhidas também passam por uma avaliação da rotulagem com base nos requisitos legais e específicos para os géneros alimentícios em análise. Por ano são colhidas cerca de 1800 amostras, distribuídas pelos treze grupos descritos anteriormente e como resultado são efetuadas aproximadamente 20000 determinações em laboratório (Carmona *et al.*, 2019).

### **1.5.3 Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006**

O Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro é responsável por fixar os teores máximos de certos contaminantes presentes nos alimentos, sendo assim, os géneros alimentícios enumerados no anexo do presente regulamento não podem ser colocados à venda no mercado caso os teores máximos fixados sejam ultrapassados. Relativamente aos que cumprem os teores legislados não devem, nem podem ser misturados com géneros alimentícios que estejam contaminados acima do limite legal e se um alimento for submetido a uma triagem, ou qualquer outro tratamento destinado a reduzir o nível de contaminação, não

pode ser misturado com géneros alimentícios destinados ao consumo humano direto ou com géneros alimentícios destinados à utilização como ingrediente alimentar.

Na tabela 1.7 estão representados os teores máximos fixados, expressos em mg/kg de peso fresco, relativamente aos metais pesados, mais especificamente chumbo, cádmio e mercúrio para o pescado.

**Tabela 1.7 Teores máximos fixados para a presença de chumbo, cádmio e mercúrio no pescado, pelo Regulamento (CE) N.º 1831/2003 da Comissão de 19 de dezembro.**

Metais Pesados	Género Alimentício	Teores máximos (mg/kg de peso fresco)
Chumbo	Parte comestível do peixe e Cefalópodes	0,30
	Crustáceos	0,50
	Moluscos bivalves	1,50
Cádmio	Parte comestível do peixe com exceção das espécies descritas em baixo	0,050
	Cavala, Atum/ Judeu/ Biqueirão, Espadarte, Sardinha	0,10/ 0,15/ 0,25
	Cefalópodes, Crustáceos e Moluscos Bivalves	1,0
Mercúrio	Produtos da Pesca, parte comestível do peixe (com exceção das espécies descritas em baixo)	0,50
	Tamboril, peixe-lobo riscado, bonito, enguia, ronquinhas, olho-de-vidro, olho-de-vidro laranja, largatixa-da-rocha, alabote-do-atlântico, maruca-do-cabo, espadins, areeiros, salmonetes, abadejos rosados, lúcio, palmeta, fanecão, carocho, raia, peixe-vermelho, veleiro-do-atlântico, peixe-espada e peixe-espada-preto, bicas e gorazes, tubarões, escolares, esturjão, espadarte, atuns	1,0

## **1.6 Objetivos**

Portugal encontra-se como um dos países em que o consumo de pescado constitui a grande parte das refeições diárias da população, mesmo que por vezes não seja em grande quantidade, é uma realidade que atualmente se observa no regime alimentar português. A composição nutricional do pescado é bastante aliciante para quem o consome, visto que a sua composição acaba por trazer inúmeros benefícios à saúde do consumidor, no entanto, este é um grupo de géneros alimentícios que está sujeito a contaminações, nomeadamente a contaminações por metais pesados presentes nas águas que se vão acumulando nos peixes predadores até serem transmitidos a quem se alimenta destes. Logo, por consequência, os metais pesados vão-se acumulando no corpo humano até serem expelidos.

Deste modo, com Portugal quase no topo dos países em que se regista um maior consumo de pescado, com o conceito de segurança alimentar em constante evolução e apesar de já estarem legislados os teores máximos relativamente à presença de metais pesados no pescado, existe a necessidade de fazer um controlo mais rigoroso relativamente a esta contaminação, de forma a perceber quais os efeitos adversos que podem ser provocados pela ingestão destes contaminantes, mesmo que, os valores determinados não ultrapassem o limite legal.

Assim, esta dissertação compreenderá um estudo científico com base nos dados do controlo oficial da ASAE, nomeadamente, nos dados das análises efetuadas ao pescado colhido no âmbito do Plano Nacional de Colheita de Amostras, com especial incidência sobre o grau de contaminantes presentes nesses géneros alimentícios e o eventual risco inerente ao seu consumo. Vai ser feita uma análise de conformidades, que consiste na análise dos resultados obtidos a partir das determinações efetuadas pelos Laboratórios de Segurança Alimentar da ASAE (LSA) e de acordo com a legislação em vigor, de modo a fazer um enquadramento para determinar se as amostras estão ou não conformes. Posto isto, com as concentrações médias das determinações feitas em laboratório e com base nos dados do Inquérito Alimentar Nacional de consumo de pescado da população portuguesa, vai ser calculada a quantidade ingerida de metais pesados, consoante o género e a faixa etária. Posteriormente, o valor calculado vai ser comparado com a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) correspondente a cada contaminante para cada género e faixa etária, de modo a perceber se Portugal pertence ao leque de países em que o consumo de pescado constitui um perigo à saúde pública.



## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Amostragem**

As amostras analisadas pelos Laboratórios de Segurança Alimentar foram colhidas no âmbito do Plano Nacional de Colheita de Amostras, desenvolvido pela ASAE. A colheita teve de respeitar os parâmetros que estão estabelecidos no Regulamento (CE) N.º 333/2007 da Comissão de 28 de março de 2007, para que a quantidade colhida pelas brigadas oficiais da ASAE permitisse efetuar as determinações desejadas. Está definido, para o pescado, que a amostra global tem de ter um peso de 1 kg e se o lote, eventualmente, for composto por embalagens individuais, terão de ser recolhidas mais do que uma, se necessário, para completar o peso pretendido. Posto isto, o regulamento aqui citado, dita que se a constituição do lote compreender entre 1 a 25 embalagens, o mínimo a recolher será de uma embalagem, no caso de o lote ter na sua constituição 26 a 100 embalagens, deverão ser colhidas no mínimo duas e por último se existirem mais de 100 embalagens referentes a um lote, não existe um mínimo, mas sim um máximo de 10 embalagens que podem ser colhidas.

Como já foi referido na alínea a) do ponto 1.5.2, referente ao PNCA, as amostras a colher e a respetiva quantidade são selecionadas de acordo com o risco que estas podem oferecer aos consumidores e com base na análise do relatório anual do PNCA do ano anterior, onde estão presentes os resultados de conformidade. As amostras utilizadas nesta dissertação foram colhidas, principalmente no retalho, com a finalidade de fazer determinações relativamente aos metais pesados, nomeadamente ao mercúrio, cádmio e chumbo. A amostragem é composta por 257 amostras, que estão divididas em 87 unidades em 2016, 52 unidades em 2017, 95 unidades em 2018 e 23 unidades provenientes do primeiro trimestre de 2019.

### **2.2 Determinação do teor de metais pesados**

De forma a proceder às determinações de metais pesados presentes nas amostras, as amostras colhidas foram enviadas para os Laboratórios de Segurança Alimentar da ASAE, mais especificamente para o Laboratório de Físico-Química. O controlo oficial dos teores de metais pesados em alimentos tem de respeitar o que está estipulado no Regulamento (CE) N.º 333/2007 da Comissão, de 28 de março, onde estão descritos os métodos de amostragem e de análise que devem de ser utilizados. A técnica utilizada para fazer as determinações foi a espectrofotometria de absorção atómica, sendo que foi efetuado um método interno diferente para cada metal pesado analisado (mercúrio, cádmio e chumbo).

#### **2.2.1 Mercúrio**

Para a determinação do teor de mercúrio foi utilizada a técnica espectrofotométrica de absorção atómica com o método interno QMI – 56 aprovado em 04/10/2011. As amostras são

previamente secas e depois são sujeitas a um tratamento térmico com uma corrente de oxigénio. Os gases libertados são decompostos e lidos através de um analisador de mercúrio direto. Nas determinações efetuadas para o mercúrio, os limites de deteção e de quantificação a ter em conta foram de 0,005 mg/kg e 0,01 mg/kg, respetivamente.

### 2.2.2 Cádmio

Para a determinação do teor de cádmio foi utilizada a técnica espectrofotométrica de absorção atómica por chama com o método interno QMI – 126 aprovado em 12/06/2013. As amostras são calcinadas em mufla, seguindo-se depois a digestão das cinzas com o uso de ácido clorídrico, para que ocorra a solubilização do cádmio. Posto isto, procede-se à leitura num espectrofotómetro de absorção atómica com lâmpada de cátodo oco para o cádmio (comprimento de onda de 228,8 nm) com utilização de chama de ar-acetileno. Nas determinações efetuadas para o cádmio, os limites de deteção e de quantificação a ter em conta foram de 0,01 mg/kg e 0,02 mg/kg, respetivamente.

### 2.2.3 Chumbo

Para a determinação do teor de chumbo foi utilizada a técnica espectrofotométrica de absorção atómica em câmara de grafite com o método interno QMI – 02 aprovado em 05/04/2018. As amostras são calcinadas em mufla, seguindo-se depois a digestão das cinzas com o uso de ácido nítrico para que ocorra a solubilização do chumbo. É feita uma diluição e posteriormente, procede-se à leitura num espectrofotómetro de absorção atómica com lâmpada de cátodo oco para o chumbo (comprimento de onda de 217,0 nm) com utilização de câmara de grafite. Nas determinações efetuadas para o chumbo, os limites de deteção e de quantificação a ter em conta foram de 0,02 mg/kg e 0,06 mg/kg, respetivamente.

A exposição a que a população portuguesa está sujeita, relativamente a estes contaminantes (mercúrio, cádmio, chumbo), foi calculada com base na expressão descrita abaixo.

#### **Expressão para cálculo da exposição:**

Exposição (Metal Pesado) = Quantidade de pescado consumido (kg) x [Metal Pesado]  
(mg/kg)

### **3. Resultados e Discussão**

Nesta fase do trabalho, em primeiro lugar, vai ser feita uma análise de conformidade das amostras colhidas pelas Brigadas da ASAE, de forma a ver quais as amostras que excedem os limites máximos legais estabelecidos, de acordo com a legislação em vigor, para os metais pesados em questão (mercúrio, cádmio e chumbo). Numa segunda fase e para dar por concluído o objetivo desta dissertação vai ser feita uma estimativa da exposição da população portuguesa, consoante o género e a faixa etária, a estes metais pesados, de acordo com os dados de consumo mais atuais provenientes do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física e comparando os valores de exposição com os valores de PTWI correspondentes. Por último, vai ser calculada a concentração máxima necessária para que os valores de PTWI sejam atingidos numa só dose.

#### **3.1 Análise de Conformidade**

Todas as amostras foram analisadas de acordo com o Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006, uma vez que é este o responsável por fixar os teores máximos de certos contaminantes presentes nos alimentos, nomeadamente, os metais pesados. Relativamente às determinações efetuadas, quando todos os resultados parciais são inferiores ao limite de deteção (LD) considera-se que não foi detetada a presença do contaminante na amostra (N.d.). Caso seja relativamente ao limite de quantificação (LQ), o resultado final é expresso da forma “< LQ correspondente ao metal pesado”.

##### **3.1.1 Conformidade das Amostras Colhidas em 2016**

Em 2016, foram colhidas 87 amostras provenientes de diversas superfícies comerciais do nosso país com o objetivo de efetuar determinações relativamente aos metais pesados. Desta forma, foram realizados 80 ensaios para a determinação de mercúrio e 87 ensaios para a determinação de cádmio e chumbo. Os resultados obtidos, bem como as respetivas médias, desvio-padrão e percentis 25,50,75 e 95, podem ser observados na tabela 3.1. Para efeitos de estatística, consideraram-se e utilizaram-se as determinações que não detetaram a presença do contaminante, atribuindo para esse efeito o valor de 0,00 mg/kg, e os limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado.

**Tabela 3.1 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2016.**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0168A3148C16	Amêijoia	Vietnamita	<0,01	0,32	0,35	Conforme
0164A3148C16	Amêijoia	Vietnamita	N.d.	0,32	0,36	Conforme
0027A3030L16	Amêijoia	Vietnamita	N.d.	0,29	0,42	Conforme
0028A3030L16	Amêijoia	Vietnamita	N.d.	0,29	0,44	Conforme
0029A3030L16	Amêijoia	Vietnamita	N.d.	0,41	0,49	Conforme
0066A3078L16	Amêijoia	Boa	<0,01	N.d.	<0,06	Conforme
0042A3182L16	Amêijoia	Japonesa	0,02	0,16	<0,06	Conforme
0003A0186P16	Amêijoia	Vietnamita	N.d.	0,27	0,24	Conforme
0003A3202P16	Amêijoia	Branca	0,02	0,09	<0,06	Conforme
0036A3078L16	Amêijoia	Vietnamita	-	0,32	0,29	Conforme
0415A3051C16	Amêijoia	Vietnamita	<0,01	0,31	0,27	Conforme
0409A3051C16	Amêijoia	Vietnamita	<0,01	0,31	0,34	Conforme
0413A3051C16	Amêijoia	Vietnamita	<0,01	0,33	0,55	Conforme
0414A3051C16	Amêijoia	Vietnamita	<0,01	0,50	0,30	Conforme
0261A3051C16	Anchova	Filetes	0,10	N.d.	<0,06	Conforme
0046A3030F16	Atum	Em Óleo Vegetal	0,10	<0,02	N.d.	Conforme
0052A3148C16	Atum	Natural	0,06	<0,02	N.d.	Conforme
0018A3070L16	Atum	Natural	0,08	<0,02	<0,06	Conforme
0131A0186P16	Atum	Natural	0,15	N.d.	N.d.	Conforme
0016A3182L16	Atum	Lombo	0,80	N.d.	N.d.	Conforme
0132A0186P16	Atum	Em Óleo de Girassol	0,60	N.d.	N.d.	Conforme
0023A3078F16	Atum	Bife	1,40	<0,02	N.d.	Não Conforme
0416A3051C16	Bacalhau	Lombo	0,05	N.d.	<0,06	Conforme
0406A3051C16	Bacalhau	Posta	0,05	N.d.	<0,06	Conforme
0407A3051C16	Bacalhau	Posta	0,06	N.d.	N.d.	Conforme
0411A3051C16	Bacalhau	Lombo	0,09	N.d.	N.d.	Conforme
0062A3030L16	Camarão	Cozido	0,03	N.d.	N.d.	Conforme
0077A3078L16	Camarão	Cozido	<0,01	N.d.	N.d.	Conforme
0064A3066L16	Camarão	Cozido	0,03	N.d.	N.d.	Conforme
0153A0186P16	Camarão	Selvagem	<0,01	<0,02	N.d.	Conforme
0148A3202P16	Camarão	Selvagem	0,05	<0,02	N.d.	Conforme
0101A3066F16	Carapau	Em Azeite	0,05	<0,02	N.d.	Conforme
0102A3066F16	Cavala	Em Azeite	0,10	N.d.	N.d.	Conforme
0027A3078L16	Dourada	Fresca	0,02	N.d.	N.d.	Conforme
0028A3078L16	Dourada	Fresca	0,16	N.d.	N.d.	Conforme
0048A3066L16	Espadarte	Posta	N.d.	0,09	N.d.	Conforme
0093A3030L16	Espadarte	Posta	0,87	0,08	<0,06	Conforme
0145A3078L16	Espadarte	Posta	1,10	0,07	N.d.	Não Conforme
0056A3066L16	Espadarte	Posta	N.d.	0,11	<0,06	Conforme
0288A3051C16	Mexilhão	Miolo	N.d.	0,60	N.d.	Conforme
0060A3078F16	Mexilhão	Miolo	<0,01	0,11	<0,06	Conforme
0061A3078F16	Mexilhão	Miolo	<0,01	0,23	N.d.	Conforme

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.



**Tabela 3.1 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2016 (continuação).**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0048A3030L16	Mexilhão	Miolo	0,02	0,12	0,28	Conforme
0152A0186P16	Mexilhão	Concha	<0,01	0,26	0,10	Conforme
0147A3202P16	Mexilhão	Miolo	<0,01	0,07	0,23	Conforme
0265A3051C16	Mexilhão	Miolo	<0,01	0,08	0,10	Conforme
0267A3051C16	Mexilhão	Miolo	N.d.	0,25	<0,06	Conforme
0247A3051C16	Mexilhão	Miolo	N.d.	0,37	<0,06	Conforme
0065A3078L16	Moluscos Bivalves	Castanholas	0,02	0,60	0,26	Conforme
0008A0144P16	Ostras	Fina	0,02	0,34	0,07	Conforme
0146A3202P16	Ostras	Fresca	<0,01	1,50	0,10	Não Conforme
0090A3066L16	Peixe-Espada-Preto	Posta	0,59	<0,02	N.d.	Conforme
0091A3066L16	Peixe-Espada-Preto	Filetes	0,64	N.d.	N.d.	Conforme
0103A3066F16	Peixe-Espada-Preto	Posta	0,33	N.d.	N.d.	Conforme
0146A3078L16	Peixe-Espada-Preto	Congelado	0,26	<0,02	N.d.	Conforme
0021A3182L16	Pota	Anilha	N.d.	0,13	N.d.	Conforme
0022A3182L16	Pota	Tiras	<0,01	0,04	N.d.	Conforme
0009A0144P16	Pota	Congelada	-	0,59	N.d.	Conforme
0010A0144P16	Pota	Tentáculos	-	0,03	N.d.	Conforme
0005A3148C16	Robalo	Vivo	0,02	N.d.	N.d.	Conforme
0050A3148C16	Salmão	Fumado	0,03	N.d.	N.d.	Conforme
0054A3148C16	Salmão	Atlântico Fumado	N.d.	N.d.	<0,06	Conforme
0006A3068C16	Salmão	Posta	0,03	N.d.	<0,06	Conforme
0076A3078F16	Salmão	Atlântico	0,02	N.d.	N.d.	Conforme
0063A3030L16	Salmão	Lombo	<0,01	N.d.	N.d.	Conforme
0017A3030L16	Salmão	Filetes	<0,01	N.d.	N.d.	Conforme
0007A0144P16	Salmão	Lombo	0,06	N.d.	<0,06	Conforme
0005A0144P16	Salmão	Lombo	0,05	N.d.	N.d.	Conforme
0017A3182L16	Salmão	Fumado	0,02	N.d.	N.d.	Conforme
0167A3148C16	Sapateira	Cozida	0,21	<0,02	<0,06	Conforme
0166A3148C16	Sapateira	Pré-Cozida	0,23	<0,02	<0,06	Conforme
0204A3148C16	Sapateira	Cozida	0,14	0,10	N.d.	Conforme
0205A3148C16	Sapateira	Selvagem Cozida	0,24	0,43	N.d.	Conforme
0200A3148C16	Sapateira	Cozida	0,13	N.d.	N.d.	Conforme
0412A3051C16	Sapateira	Pré-Cozida	0,35	0,22	<0,06	Conforme
0410A3051C16	Sapateira	Pré-Cozida	0,14	0,13	N.d.	Conforme
0408A3051C16	Sapateira	Selvagem Cozida	0,28	<0,02	0,19	Conforme
0068A0384L16	Sardinha	Fresca	-	<0,02	<0,06	Conforme

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

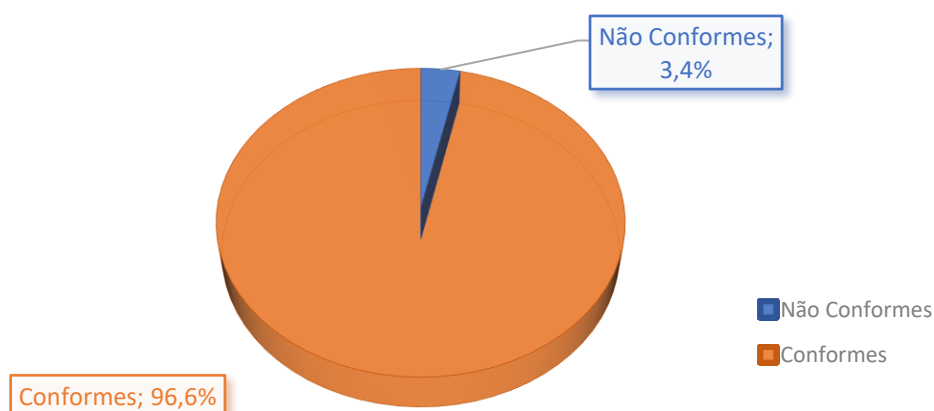
**Tabela 3.1 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2016 (continuação).**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0291A3051C16	Sardinha	Em Óleo de Girassol	<0,01	0,05	N.d.	Conforme
0114A3202P16	Sardinha	Fresca	-	<0,02	N.d.	Conforme
0111A3202P16	Sardinha	Fresca	-	N.d.	<0,06	Conforme
0305A3051C16	Sardinha	Em Azeite	<0,01	0,08	N.d.	Conforme
0292A3051C16	Sardinha	Em Azeite	<0,01	0,05	<0,06	Conforme
0294A3051C16	Sardinha	Em Molho de Tomate	<0,01	0,06	<0,06	Conforme
0065A3182L16	Sardinha	Fresca	-	<0,02	<0,06	Conforme
0006A0144P16	Truta	Salmonada	0,20	N.d.	<0,06	Conforme
0004A0144P16	Truta	Salmonada	0,25	N.d.	<0,06	Conforme
Média			0,13	0,13	0,08	
Desvio-Padrão			0,25	0,22	0,13	
P <sub>25</sub>			0,01	0,00	0,00	
P <sub>50</sub> (Mediana)			0,02	0,02	0,06	
P <sub>75</sub>			0,13	0,19	0,06	
P <sub>95</sub>			0,65	0,48	0,36	

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

No início deste capítulo foi referido que a análise de conformidade de todas as amostras ia ter por base o Regulamento (CE) N.º 1831/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006 e como tal, após feita essa mesma análise, concluiu-se que cerca de 3,4% das amostras encontram-se não conformes, em que as não conformidades presentes estiveram relacionadas com o facto de duas amostras apresentarem mercúrio acima do limite legal e por uma amostra ter na sua composição cádmio igualmente superior ao limite estabelecido legalmente (figura 3.1). As não conformidades, assinaladas a vermelho na tabela 3.1, resultaram de um atum e um espadarte com 1,4 e 1,1 mg/kg de mercúrio, respetivamente, e de umas ostras com 1,5 mg/kg de cádmio, sendo o limite máximo legal, relativamente ao cádmio e ao mercúrio, para estes tipos de géneros alimentícios de 1,0 mg/kg.

#### CONFORMIDADE DAS AMOSTRAS COLHIDAS EM 2016



**Figura 3.1 Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao ano de 2016.**

No entanto, apesar do limite legal não ser ultrapassado, existem valores que devem de ter uma especial atenção, estes encontram-se assinalados a laranja na tabela 3.1 e são nomeadamente duas amostras de atum (0,8 mg/kg e 0,6 mg/kg de mercúrio), um espadarte (0,87 mg/kg de mercúrio), um mexilhão (0,6 mg/kg de cádmio), umas castanholas (0,6 mg/kg de cádmio) e duas amostras de peixe-espada-preto (0,59 e 0,64 mg/kg de mercúrio). Todas as amostras mencionadas anteriormente encontram-se próximas do limite que está estipulado, no entanto, apesar de serem amostras conformes acabam por ser um perigo relativamente à saúde pública se consumidas em excesso.

Por último e para dar por concluída a análise de conformidade do ano em questão, podemos observar no percentil 95 calculado para o mercúrio, que cerca de 5% das amostras se encontram com valores iguais ou superiores a 0,65 mg/kg e em relação ao percentil 95 do cádmio e do chumbo, o valor calculado encontra-se nos 0,48 e 0,36 mg/kg, respetivamente, concluindo-se que cerca de 5% das amostras encontram-se com valores iguais ou superiores aos calculados.

### 3.1.2 Conformidade das Amostras Colhidas em 2017

No ano de 2017, como já foi referido, foram colhidas 52 amostras provenientes de diversas superfícies comerciais do nosso país com o objetivo de efetuar determinações relativamente aos metais pesados. Desta forma foram realizados 44, 52 e 18 ensaios para a determinação de mercúrio, cádmio e chumbo, respetivamente. Os resultados obtidos, bem como as respetivas médias, desvio-padrão e percentis 25,50,75 e 95, podem ser observados na tabela 3.2. Para efeitos de estatística, tal como no ponto anterior, consideraram-se e utilizaram-se as determinações em que não foi detetada a presença do contaminante, atribuindo dessa forma o valor de 0,00 mg/kg, e os limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado.

**Tabela 3.2 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2017.**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0077A3066S17	Amêijoa	Vietnamita	N.d.	0,17	0,12	Conforme
0136A3066L17	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,43	-	Conforme
0134A3030L17	Amêijoa	Branca	0,02	0,09	-	Conforme
0140A3030L17	Amêijoa	Japonesa	<0,01	0,11	-	Conforme
0124A3051C17	Amêijoa	Vietnamita	-	0,17	-	Conforme
0125A3051C17	Amêijoa	Vietnamita	-	0,36	-	Conforme
0003A0384L17	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,31	0,16	Conforme
0002A0384L17	Amêijoa	Vietnamita	N.d.	0,19	0,35	Conforme
0111A3070F17	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,29	-	Conforme
0110A3070F17	Amêijoa	Vietnamita	N.d.	0,22	-	Conforme
0112A3070F17	Amêijoa	Miolo	<0,01	0,13	-	Conforme
0003A3078L17	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,27	0,42	Conforme
0084A3070L17	Amêijoa	Branca	0,02	0,05	0,19	Conforme
0083A3070L17	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,40	0,42	Conforme

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

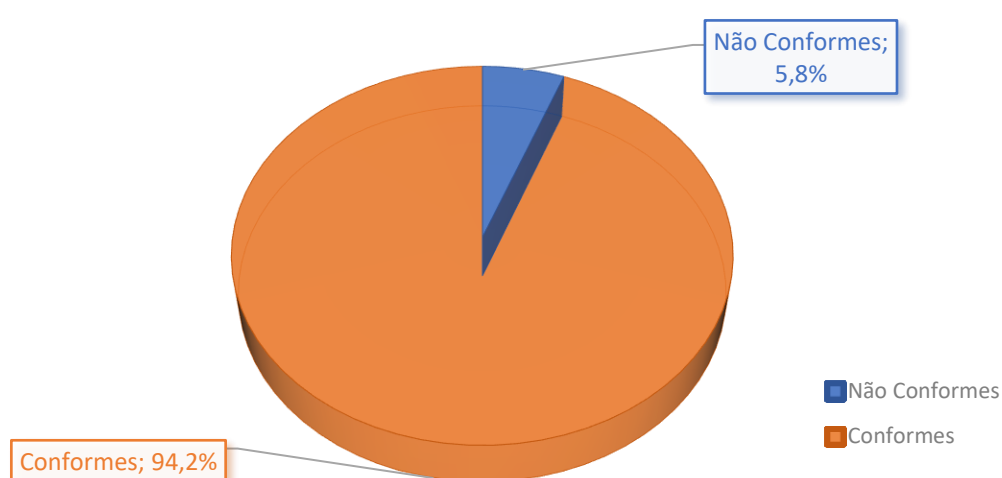
**Tabela 3.2 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2017 (continuação).**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0131A3051C17	Atum	Posta	-	0,03	-	Conforme
0003A3070L17	Atum	Bifes	0,42	N.d.	N.d.	Conforme
0114A3066L17	Camarão	Congelado	0,03	0,12	-	Conforme
0115A3066L17	Caranguejo	Peito	0,05	1,10	-	Não Conforme
0127A3051C17	Cavala	Em Óleo Vegetal	0,07	<0,02	N.d.	Conforme
0134A3051C17	Cavala	Em Óleo Vegetal	0,03	0,04	N.d.	Conforme
0076A3066S17	Choco	Fresco	0,05	N.d.	-	Conforme
0096A3070L17	Choco	Eviscerado	<0,01	0,97	-	Conforme
0099A3148C17	Choco	Congelado	-	1,00	-	Conforme
0286A3051C17	Choco	Congelado	0,03	<0,02	-	Conforme
0080A3066L17	Garoupa	Pequena	0,10	N.d.	-	Conforme
0097A3070L17	Lula	Eviscerada	N.d.	0,32	-	Conforme
0093A3148C17	Lula	Congelada	-	3,90	-	Não Conforme
0124A3066L17	Lula	Congelada	N.d.	0,32	-	Conforme
0004A0384L17	Lula	Congelada	<0,01	1,00	N.d.	Conforme
0139A3030L17	Mexilhão	Natural	0,03	0,16	-	Conforme
0128A3051C17	Mexilhão	Miolo	-	0,22	-	Conforme
0079A3066L17	Peixe-Espada	Fresco	0,37	<0,02	-	Conforme
0004A3066L17	Peixe-Espada-Preto	Posta	0,50	N.d.	N.d.	Conforme
0289A3051C17	Perca	Do Nilo	0,12	N.d.	-	Conforme
0285A3051C17	Perca	Do Nilo	0,50	<0,02	-	Conforme
0085A3070L17	Pescada	Congelada	0,07	0,03	N.d.	Conforme
0075A3066S17	Polvo	Fresco	0,04	N.d.	-	Conforme
0081A3066L17	Polvo	Nacional	0,02	N.d.	-	Conforme
0095A3070L17	Polvo	Nacional	0,02	N.d.	-	Conforme
0142A3066L17	Polvo	Congelado	0,02	0,10	-	Conforme
0098A3148C17	Polvo	Congelado	-	0,10	-	Conforme
0125A3066L17	Polvo	Congelado	0,02	0,02	-	Conforme
0001A3078L17	Polvo	Congelado	<0,01	0,09	N.d.	Conforme
0137A3066L17	Pota	Tiras	0,03	0,08	-	Conforme
0133A3070L17	Pota	Tentáculos	0,02	<0,02	-	Conforme
0092A3148C17	Pota	Tentáculos	-	0,05	-	Conforme
0005A0384L17	Pota	Inteira	<0,01	2,10	N.d.	Não Conforme
0086A3070L17	Red Fish	Congelado	0,07	N.d.	N.d.	Conforme
0110A3066L17	Sapateira	Bocas	0,07	N.d.	-	Conforme
0130A3051C17	Sardinha	Em Azeite	0,05	<0,02	<0,06	Conforme
0006A3078L17	Tamboril	Lombo	0,07	N.d.	N.d.	Conforme
0002A3070L17	Tintureira	Posta	0,28	N.d.	N.d.	Conforme
Média			0,07	0,29	0,09	
Desvio-Padrão			0,13	0,63	0,15	
P <sub>25</sub>			0,01	0,02	0,00	
P <sub>50</sub> (Mediana)			0,02	0,09	0,00	
P <sub>75</sub>			0,07	0,28	0,16	
P <sub>95</sub>			0,41	1,05	0,42	

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

No início deste capítulo foi referido que a análise de conformidade de todas as amostras ia ter por base o Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006 e como tal, após feita essa mesma análise, concluiu-se que cerca de 5,8% das amostras encontram-se não conformes, em que as não conformidades presentes foram todas relativamente ao cádmio, por este se encontrar acima do limite máximo estipulado pela legislação em vigor (figura 3.2). As não conformidades, assinaladas a vermelho na tabela 3.2, resultaram de uma amostra de caranguejo, outra de lula e uma pota que apresentaram valores de cádmio de 1,1, 3,9 e 2,1 mg/kg respetivamente, sendo que o limite máximo legal, relativamente ao cádmio, para estes tipos de géneros alimentícios é de 1,0 mg/kg.

### CONFORMIDADE DAS AMOSTRAS COLHIDAS EM 2017



**Figura 3.2 Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao ano de 2017.**

No entanto, apesar do limite legal não ser ultrapassado, existem valores que devem de se ter em conta, estes encontram-se assinalados a laranja na tabela 3.2 e são nomeadamente duas amostras de choco que apresentam uma concentração de cádmio de 0,97 mg/kg e 1,0 mg/kg, uma amostra de lula com o cádmio, novamente, a aparecer em destaque com 1,0 mg/kg e por último uma amostra de perca que tem na sua composição 0,5 mg/kg de mercúrio. Todas as amostras mencionadas anteriormente encontram-se no limite do que está estipulado, no entanto, e como já foi referido neste trabalho, um dos grandes problemas da exposição a estes metais é a acumulação que eles têm no organismo, logo, mesmo sendo amostras conformes, acabam por representar um perigo à saúde pública.

Por último, e para dar por concluído a análise de conformidade do ano em questão, podemos observar no percentil 95 calculado para o cádmio, que cerca de 5% das amostras encontram-se com valores iguais ou superiores a 1,05 mg/kg, sendo essa a mesma percentagem de não conformidades registadas, uma vez que o limite legal estabelecido se encontra nos 1,0

mg/kg. Em relação ao percentil 95 do mercúrio e do chumbo, o valor calculado encontra-se nos 0,41 e 0,42 mg/kg respetivamente, concluindo-se que cerca de 5% das amostras encontram-se com valores iguais ou superiores aos calculados.

### 3.1.3 Conformidade das Amostras Colhidas em 2018

Em 2018 foram colhidas 95 amostras provenientes de diversas superfícies comerciais do nosso país com o objetivo de efetuar determinações relativamente aos metais pesados. Desta forma foram realizados 95 ensaios para a determinação de mercúrio e cádmio e 76 ensaios para a determinação de chumbo. Os resultados obtidos, bem como as respetivas médias, desvio-padrão e percentis 25,50,75 e 95, podem ser observados na tabela 3.3. Para efeitos de estatística, consideraram-se e utilizaram-se as determinações em que não foi detetado o contaminante, atribuindo dessa forma o valor de 0,00 mg/kg, e os limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado.

**Tabela 3.3 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2018.**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0038A3078L18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,21	0,15	Conforme
0026A3030L18	Amêijoa	Branca	0,02	0,15	-	Conforme
0216A3272P18	Amêijoa	Branca	0,02	0,13	N.d.	Conforme
0217A3272P18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,41	0,19	Conforme
0214A3272P18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,38	N.d.	Conforme
0215A3272P18	Amêijoa	Branca	0,02	0,19	<0,06	Conforme
0218A3272P18	Amêijoa	Miolo	<0,01	0,14	0,16	Conforme
0060A3030L18	Amêijoa	Japonesa	0,05	0,20	0,10	Conforme
0016A3066L18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,48	-	Conforme
0017A3066L18	Amêijoa	Branca	<0,01	0,30	0,22	Conforme
0229A3272P18	Amêijoa	Branca	N.d.	0,27	0,63	Conforme
0227A3272P18	Amêijoa	Castanha	<0,01	0,34	0,43	Conforme
0225A3272P18	Amêijoa	Miolo	N.d.	<0,02	0,17	Conforme
0226A3272P18	Amêijoa	Branca	<0,01	0,58	N.d.	Conforme
0022A3078L18	Amêijoa	Vietnamita	0,03	0,03	-	Conforme
0022A3066L18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,48	0,50	Conforme
0023A3066L18	Amêijoa	Castanha	N.d.	0,30	0,34	Conforme
0085A3394P18	Amêijoa	Branca	<0,01	0,19	0,66	Conforme
0087A3394P18	Amêijoa	Miolo	<0,01	0,09	0,15	Conforme
0073A3272P18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,32	0,80	Conforme
0074A3272P18	Amêijoa	Miolo	<0,01	0,10	0,48	Conforme
0088A3394P18	Amêijoa	Branca	<0,01	0,29	1,20	Conforme
0081A3078L18	Amêijoa	Branca	<0,01	0,05	N.d.	Conforme
0079A3078L18	Amêijoa	Japonesa	0,02	0,09	0,07	Conforme
0012A3066F18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,30	-	Conforme
0013A3066F18	Amêijoa	Vietnamita	<0,01	0,32	-	Conforme
0013A3030L18	Amêijoa	Japonesa	<0,01	0,07	-	Conforme
0014A3030F18	Atum	Barriga	1,00	0,03	-	Conforme
0032A3070L18	Bacalhau	Crescido	0,06	N.d.	<0,06	Conforme
0120A3066L18	Bacalhau	Corrente	0,05	N.d.	<0,06	Conforme
0201A3272P18	Bacalhau	Posta	0,10	0,07	N.d.	Conforme

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.



**Tabela 3.3 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2018 (continuação).**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0208A3272P18	Bacalhau	Posta	0,06	0,05	N.d.	Conforme
0210A3272P18	Bacalhau	Posta	0,09	0,07	<0,06	Conforme
0029A3030L18	Berbigão	Vulgar	<0,01	0,03	-	Conforme
0068A3078F18	Berbigão	Vulgar	0,03	0,03	0,40	Conforme
0074A3030L18	Berbigão	Vulgar	0,02	0,03	0,17	Conforme
0039A3078L18	Camarão	Inteiro	<0,01	<0,02	N.d.	Conforme
0131A3148C18	Camarão	Inteiro	<0,01	N.d.	N.d.	Conforme
0024A3078L18	Camarão	Miolo	<0,01	0,48	-	Conforme
0023A3078L18	Camarão	Inteiro	0,03	<0,02	<0,06	Conforme
0153A3066S18	Camarão	Inteiro	<0,01	N.d.	<0,06	Conforme
0159A3030S18	Camarão	Congelado	<0,01	<0,02	0,30	Conforme
0209A3272P18	Carapau	Em Óleo Vegetal	<b>0,93</b>	<0,02	N.d.	<b>Não Conforme</b>
0016A3030F18	Cavala	Filetes	0,05	N.d.	-	Conforme
0103A3272P18	Cavala	Filetes	0,06	<0,02	N.d.	Conforme
0284A3148C18	Choco	Congelado	<0,01	<0,02	N.d.	Conforme
0289A3148C18	Choco	Congelado	N.d.	<b>0,70</b>	N.d.	<b>Conforme</b>
0102A3272P18	Dourada	Grande	0,05	N.d.	<0,06	Conforme
0012A3078L18	Dourada	Grande	0,04	N.d.	-	Conforme
0101A3272P18	Faneca	-	0,10	N.d.	<0,06	Conforme
0156A3066L18	Gamba	Argentina	<0,01	0,30	N.d.	Conforme
0019A3030F18	Longueirão	-	0,03	0,05	-	Conforme
0139A3066F18	Longueirão	-	0,02	0,05	<0,06	Conforme
0081A3066F18	Lula	Congelada	0,05	0,41	N.d.	Conforme
0082A3066L18	Lula	Congelada	0,04	0,31	N.d.	Conforme
0006A3030L18	Lula	Congelada	N.d.	<b>0,70</b>	-	<b>Conforme</b>
0086A3394P18	Mexilhão	Miolo	<0,01	0,11	0,30	Conforme
0078A3272P18	Mexilhão	Miolo	<0,01	0,25	0,40	Conforme
0077A3272P18	Mexilhão	Congelado	0,02	0,13	<b>0,95</b>	<b>Conforme</b>
0084A3394P18	Mexilhão	Congelado	0,02	0,13	0,13	Conforme
0147A3066L18	Mexilhão	-	N.d.	0,28	0,18	Conforme
0049A3070L18	Mexilhão	-	N.d.	0,27	0,23	Conforme
0054A3070L18	Mexilhão	-	0,02	0,15	0,09	Conforme
0127A3066S18	Peixe-Espada	Branco	0,18	N.d.	N.d.	Conforme
0121A3066L18	Peixe-Espada-Preto	-	<b>0,56</b>	N.d.	N.d.	<b>Conforme</b>
0120A3030L18	Peixe-Espada-Preto	-	<b>0,50</b>	<0,02	N.d.	<b>Conforme</b>
0126A3066S18	Peixe-Espada-Preto	-	0,41	<0,02	N.d.	Conforme
0128A3066L18	Peixe-Espada-Preto	-	<b>0,53</b>	N.d.	N.d.	<b>Conforme</b>
0130A3066L18	Peixe-Espada-Preto	-	0,43	<0,02	N.d.	Conforme

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

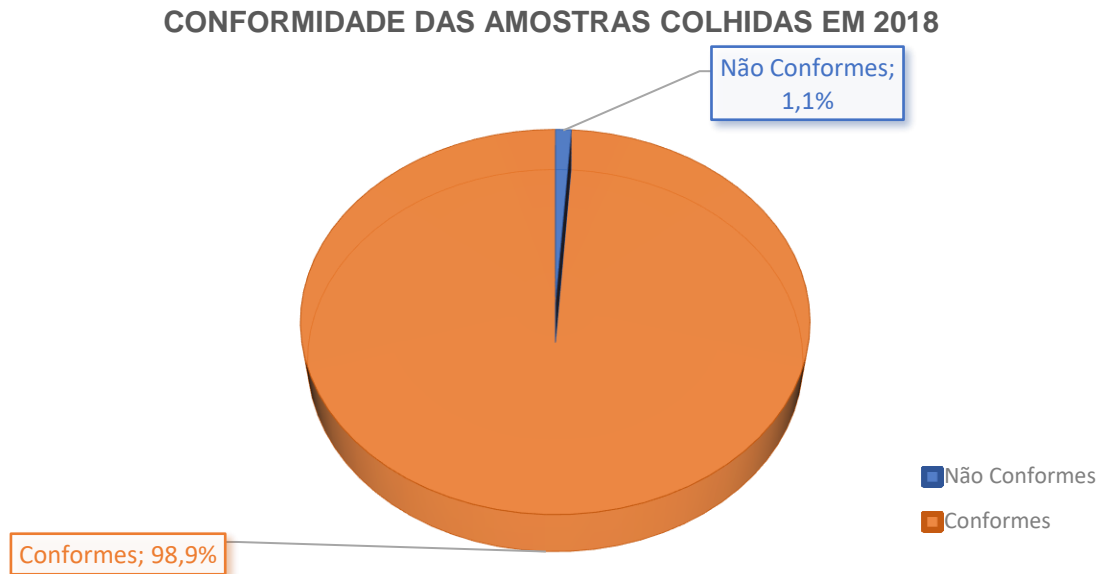
**Tabela 3.3 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas em 2018 (continuação).**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0142A3030S18	Pescada	Posta	0,17	N.d.	N.d.	Conforme
0140A3030S18	Pescada	Lombo	0,04	N.d.	N.d.	Conforme
0141A3030S18	Pescada	Lombo	0,06	N.d.	N.d.	Conforme
0143A3030S18	Pescada	Posta	0,08	N.d.	N.d.	Conforme
0166A3078S18	Pescada	Posta	0,09	N.d.	N.d.	Conforme
0167A3078S18	Pescada	Posta	0,11	N.d.	N.d.	Conforme
0067A3070L18	Pescada	Medalhães	0,05	N.d.	N.d.	Conforme
0068A3070L18	Pescada	Lombo	0,04	N.d.	N.d.	Conforme
0154A3030S18	Pescada	Posta	0,07	N.d.	N.d.	Conforme
0168A3078L18	Pescada	Lombo	0,05	N.d.	<0,06	Conforme
0007A3030L18	Polvo	Congelado	0,02	0,04	-	Conforme
0097A3272P18	Robalo	-	0,07	N.d.	N.d.	Conforme
0013A3078L18	Robalo	-	0,08	N.d.	-	Conforme
0137A3148C18	Santola	Importada	0,05	0,20	<0,06	Conforme
0004A3070L18	Sapateira	Inteira	0,13	0,02	-	Conforme
0005A3070L18	Sapateira	Cozida	0,08	0,03	-	Conforme
0130A3148C18	Sapateira	Cozida	0,12	0,08	N.d.	Conforme
0011A3066F18	Sapateira	Cozida	0,11	N.d.	-	Conforme
0119A3394P18	Sarda	-	0,29	N.d.	<0,06	Conforme
0015A3030F18	Sardinha	Filetes	0,02	<0,02	-	Conforme
0213A3272P18	Sardinha	Em Azeite	0,06	<0,02	N.d.	Conforme
0212A3272P18	Sardinha	Em Tomate	0,04	0,03	N.d.	Conforme
0207A3272P18	Sardinha	Em Óleo Vegetal	0,03	0,09	N.d.	Conforme
0206A3272P18	Sardinha	Em Tomate	0,02	0,06	N.d.	Conforme
0211A3272P18	Sardinha	Em Azeite	0,03	0,05	N.d.	Conforme
0096A3272P18	Truta	Fário	0,05	N.d.	<0,06	Conforme
Média			0,08	0,13	0,13	
Desvio-Padrão			0,17	0,16	0,23	
P <sub>25</sub>			0,01	0,00	0,00	
P <sub>50</sub> (Mediana)			0,03	0,05	0,06	
P <sub>75</sub>			0,06	0,20	0,16	
P <sub>95</sub>			0,45	0,48	0,64	

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

No início deste capítulo foi referido que a análise de conformidade de todas as amostras ia ter por base o Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006 e como tal, após feita essa mesma análise, concluiu-se que cerca de 1,1% das amostras se encontram não conformes, sendo que apenas se registou uma não conformidade no mercúrio por se encontrar acima do limite máximo estipulado pela legislação em vigor (figura 3.3). A não conformidade, assinalada a vermelho na tabela 3.3, resultou de uma amostra de carapau que tinha na sua composição 0,93 mg/kg de mercúrio enquanto o limite legal para este género alimentício se encontra nos 0,5 mg/kg.





**Figura 3.3 Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao ano de 2018.**

No entanto, e apesar do limite legal não ser ultrapassado, existem valores que evidenciam teores elevados do metal pesado pelo que devem de ser observados com um cuidado especial, estando estes assinalados a laranja na tabela 3.3, e são nomeadamente duas amostras de amêijoas que apresentam uma concentração de chumbo de 0,80 mg/kg e 1,2 mg/kg, uma amostra de atum que apresenta uma concentração de mercúrio de 1,0 mg/kg, um choco e uma lula que apresentam 0,7 mg/kg de cádmio, um mexilhão com 0,95 mg/kg de chumbo e por último, três amostras de peixe-espada-preto com 0,56, 0,50 e 0,53 mg/kg de mercúrio. Todas as amostras mencionadas anteriormente encontram-se no limite do que está estipulado, mas podem representar um eventual perigo à saúde de quem as consome.

Por último, para dar por concluído a análise de conformidade do ano em questão, podemos observar no percentil 95 calculado para o chumbo, que cerca de 5% das amostras se encontravam com valores iguais ou superiores a 0,64 mg/kg. Em relação ao percentil 95 do mercúrio e do cádmio, o valor calculado encontra-se nos 0,45 e 0,48 mg/kg, respetivamente, concluindo-se também que cerca de 5% das amostras se encontravam com valores iguais ou superiores aos calculados.

#### **3.1.4 Conformidade das Amostras Colhidas no primeiro trimestre 2019**

No primeiro trimestre de 2019 foram colhidas 23 amostras provenientes de diversas superfícies comerciais do nosso país com o objetivo de efetuar determinações relativamente aos metais pesados. Desta forma, foram realizados 22 ensaios para a determinação de mercúrio e 9 ensaios para a determinação de cádmio e chumbo. Os resultados obtidos, bem como as

respetivas médias, desvio-padrão e percentis 25,50,75 e 95, podem ser observados na tabela 3.4. Para efeitos de estatística, consideraram-se e utilizaram-se as determinações em que não foi detetado o contaminante, atribuindo dessa forma o valor de 0,00 mg/kg, e os limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado.

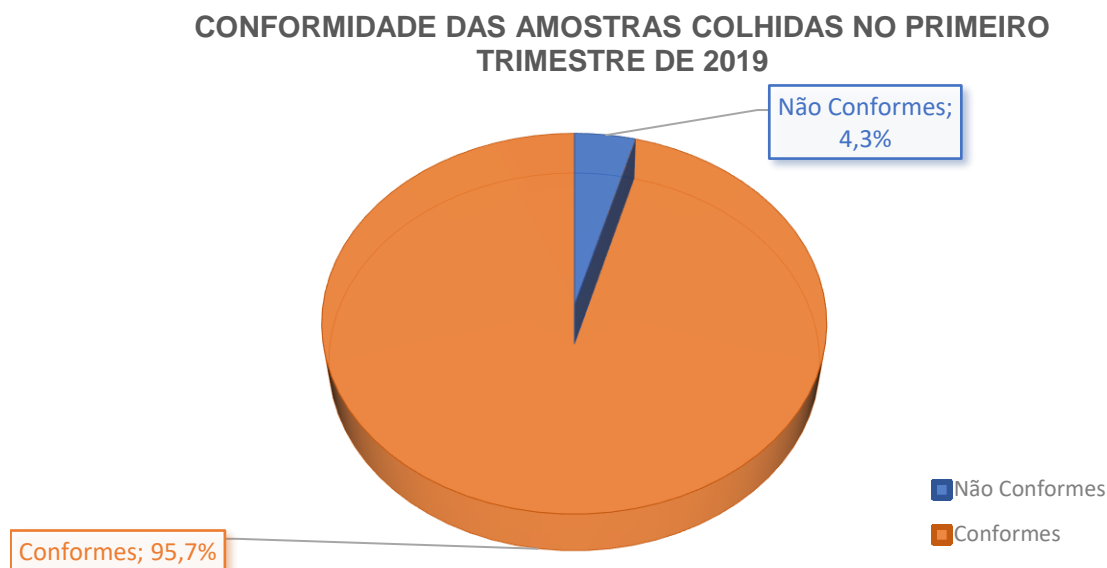
**Tabela 3.4 Determinações de mercúrio, cádmio e chumbo nas amostras colhidas e analisadas no primeiro trimestre de 2019.**

Código da Amostra	Género Alimentício	Descrição	Mercúrio (mg/kg)	Cádmio (mg/kg)	Chumbo (mg/kg)	Conformidade
0028A3051C19	Abrótea	Congelada	0,07	-	-	Conforme
0029A3051C19	Abrótea	Congelada	0,07	-	-	Conforme
0027A3051C19	Abrótea	Congelada	0,10	-	-	Conforme
0032A3051C19	Abrótea	Inteira	0,23	-	-	Conforme
0023A3051C19	Abrótea	Congelada	0,06	-	-	Conforme
0026A3051C19	Abrótea	Congelada	0,16	-	-	Conforme
0020A3051C19	Abrótea	Posta	0,07	-	-	Conforme
0032A3148C19	Amêijoia	Japonesa	<0,01	0,09	<0,06	Conforme
0056A3051C19	Amêijoia	Japonesa	<0,01	0,09	0,11	Conforme
0045A3148C19	Amêijoia	Japonesa	<0,01	0,08	0,12	Conforme
0053A3051C19	Amêijoia	Japonesa	0,02	0,14	0,14	Conforme
0026A3148C19	Atum	Bifes	0,44	-	-	Conforme
0023A3148C19	Atum	Lombo	1,60	-	-	Não Conforme
0027A3148C19	Maruca	Posta	0,32	-	-	Conforme
0025A3148C19	Maruca	Posta	0,63	-	-	Conforme
0019A3148C19	Maruca	Posta	0,22	-	-	Conforme
0022A3148C19	Maruca	Congelada	0,07	-	-	Conforme
0024A3148C19	Maruca	Posta	0,07	-	-	Conforme
0012A0186P19	Lula	Limpa	N.d.	0,30	N.d.	Conforme
0030A3272P19	Lula	Inteira	-	0,42	N.d.	Conforme
0031A3272P19	Lula	Limpa	N.d.	0,25	N.d.	Conforme
0011A0186P19	Pota	Tentáculos	0,02	0,07	<0,06	Conforme
0009A0186P19	Pota	Tiras	<0,01	0,03	N.d.	Conforme
Média			0,19	0,16	0,05	
Desvio-Padrão			0,35	0,12	0,05	
P <sub>25</sub>			0,01	0,08	0,00	
P <sub>50</sub> (Mediana)			0,07	0,09	0,06	
P <sub>75</sub>			0,21	0,25	0,11	
P <sub>95</sub>			0,62	0,37	0,13	

N.d. – Não detetado. Valores assinalados a cor vermelha - Amostras não conformes; Valores assinalados a cor laranja - Amostras cujo valor atinge 50% do máximo legislado.

No início deste capítulo foi referido que a análise de conformidade de todas as amostras ia ser baseado no Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006 e como tal, após feita essa mesma análise, concluiu-se que cerca de 4,3% das amostras se encontravam não conformes, sendo que apenas se registou uma não conformidade por uma amostra conter mercúrio acima do limite máximo estipulado pela legislação em vigor (figura 3.4). A não conformidade, assinalada a vermelho na tabela 3.4, resultou de uma amostra de atum que

tinha na sua composição 1,6 mg/kg de mercúrio enquanto que o limite legal para este género alimentício se situa nos 1,0 mg/kg.



**Figura 3.4 Percentagem de amostras conformes e não conformes relativamente ao primeiro trimestre de 2019.**

Apesar do limite legal não ser ultrapassado, existe um valor para o qual se deve ter uma especial atenção, este encontra-se assinalado a laranja na tabela 3.4 e é proveniente de uma amostra de maruca que tem na sua composição 0,63 mg/kg de mercúrio. O limite legal para a maruca, relativamente ao mercúrio, situa-se nos 1,0 mg/kg, no entanto é um valor a ter em consideração visto que ultrapassa os 0,5 mg/kg definidos para as outras espécies.

Para dar por concluído a análise de conformidade do ano em questão, podemos observar no percentil 95 calculado para o mercúrio, que cerca de 5% das amostras se encontravam com valores iguais ou superiores a 0,62 mg/kg. Em relação ao percentil 95 do cádmio e do chumbo, o valor calculado encontra-se nos 0,37 e 0,13 mg/kg, respetivamente, concluindo-se que cerca de 5% das amostras se encontravam com valores iguais ou superiores aos calculados.

Em conclusão, os dados obtidos a partir das determinações dos metais pesados entre 2016 e o primeiro trimestre de 2019 permitiram observar que a percentagem de não conformidades foi em 2016 de 3,4%, em 2017 de 5,8%, em 2018 de 1,1% e no primeiro trimestre de 2019 de 4,3% e demonstraram que o chumbo não tem sido problemático nos últimos anos, uma vez que foi um contaminante que permaneceu sempre imaculado, sendo o único metal pesado que não obteve nenhuma não conformidade nas 190 determinações efetuadas para a deteção deste elemento, no entanto, o facto de ser o contaminante com menos determinações efetuadas pode ter influenciado os resultados finais.

Relativamente ao mercúrio e ao cádmio, 241 e 243, foram, respetivamente, o número de determinações feitas para a quantificação destes metais pesados, obtendo-se, ao contrário do que aconteceu com o chumbo, um total de oito não conformidades quando combinadas, uma vez que quatro surgiram devido ao mercúrio (duas em 2016, uma em 2018 e uma em 2019) e outras quatro provenientes do cádmio (uma em 2016 e três em 2017).

A espécie que esteve mais associada à contaminação com mercúrio foi o atum, que registou duas não conformidades (1,4 mg/kg e 1,6 mg/kg) por ultrapassar o limite legal (1,0 mg/kg) e apresentou outras três amostras que se encontravam no limiar do máximo estipulado ou perto deste (0,60 mg/kg, 0,80 mg/kg e 1,0 mg/kg). Em relação ao cádmio, as espécies que estiveram mais associadas à contaminação por este metal pertencem aos moluscos bivalves, crustáceos e cefalópodes, uma vez que as não conformidades registadas foram provenientes de uma amostra de ostras (1,5 mg/kg), uma amostra de caranguejo (1,1 mg/kg), uma amostra de lula (3,9 mg/kg) e uma amostra de pota (2,1 mg/kg), sendo que o limite legal para este tipo de género de alimentícios está situado nos 1,0 mg/kg. As amostras de lula e pota devem de ter uma atenção especial porque os valores determinados são cerca de quatro e duas vezes superiores, respetivamente, em relação ao que está estipulado pela legislação. Para dar por concluído, o choco obteve três amostras (0,97 mg/kg, 1,0 mg/kg e 0,70 mg/kg) que se encontravam no limite do que está estipulado para o cádmio e apesar de serem amostras conformes, podem ser um perigo para a saúde humana.

De acordo com um estudo realizado recentemente na Grécia, em que foram colhidas 82 amostras de atum entre agosto e novembro de 2015 para análise relativamente à bioacumulação de metais pesados (mercúrio, cádmio, chumbo), concluiu-se que os níveis de mercúrio variaram entre 0,249 e 0,938 mg/kg, de cádmio entre 0,022 e 0,669 mg/kg e de chumbo entre 0,021 e 0,557 mg/kg. Nenhuma das amostras ultrapassou o limite estabelecido para o mercúrio (1,000 mg/kg), no entanto, 14 amostras (cerca de 30,5%) tinham na sua composição concentrações deste metal acima de 50% do limite (0,500 mg/kg) que está regulamentado. Em relação ao cádmio, 28 amostras (34,2%) apresentaram concentrações deste contaminante acima do limite que está legislado para esta espécie de peixe (0,100 mg/kg). Por último, e de acordo com os dados obtidos para o chumbo, 26 das 82 amostras (34,2%) não apresentaram concentrações deste metal na sua composição, mas, apesar disso, três amostras encontravam-se com teores de chumbo acima máximo legalmente estabelecido (0,300 mg/kg) (Stamatis *et al.*, 2019). Na presente dissertação, 12 amostras de atum foram analisadas, tendo-se observado 16,6% das amostras com um valor de mercúrio acima do máximo legislado.

Assim, atendendo aos resultados obtidos nesta dissertação e utilizando como base o estudo citado acima, é importante que se faça um controlo mais rigoroso relativamente aos metais pesados, mercúrio, cádmio e chumbo. No presente estudo as não conformidades

encontradas nas diferentes matrizes analisadas foram de 1,7% para o mercúrio e 1,6% para o cádmio, embora se tenha observado um número elevado de amostras próximas do limiar máximo que está estipulado. Assim, para que seja garantido um maior nível de segurança alimentar e para conferir uma maior proteção à saúde do consumidor, é importante que seja efetuado um controlo sobre estes contaminantes presentes no pescado tais como, novas medidas corretivas ou a definição de novos limites críticos, uma vez que, como já foi referido no capítulo da introdução, os efeitos de toxicidade provocados por estes metais são bastante graves quando se encontram acumulados no organismo.

### **3.2 Estimativa da exposição da população portuguesa às concentrações médias dos metais pesados baseado nos dados de consumo de pescado do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física**

Nesta fase da dissertação vai ser feita uma estimativa da exposição dos metais pesados a que os portugueses estão sujeitos, de forma a perceber se existe risco associado ao consumo de pescado em Portugal. Assim, vão ser cruzados os dados relativos às concentrações médias das determinações efetuadas para o mercúrio (0,12 mg/kg), cádmio (0,18 mg/kg) e chumbo (0,09 mg/kg) (tabela 3.5) com os dados de consumo de pescado mais atuais, provenientes do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física (IAN-AF, s.d.).

A frequência de consumo está situada entre as 1 e as 7 vezes por semana e consoante a frequência é calculada a exposição a que os consumidores estão sujeitos. Posteriormente, os resultados calculados vão ser comparados com o PTWI correspondente a cada contaminante para se conseguir perceber se este valor está a ser ultrapassado ou não e caso este seja ultrapassado irá encontrar-se assinalado devidamente a cor vermelha. A exposição vai ser calculada consoante o género e a faixa etária.

**Tabela 3.5 Concentrações médias finais das determinações feitas para o mercúrio, cádmio e chumbo, no decorrer dos anos de 2016, 2017, 2018 e primeiro trimestre de 2019.**

Concentrações médias dos metais pesados (mg/kg)			
Ano	Mercúrio	Cádmio	Chumbo
2016	0,13	0,13	0,08
2017	0,07	0,29	0,09
2018	0,08	0,13	0,13
2019	0,19	0,16	0,05
Concentração Média Final	0,12	0,18	0,09

Na tabela seguinte (tabela 3.6) estão representados os PTWI, adotados pela EFSA, em forma de resumo, correspondentes a cada metal pesado. Como já foi descrito anteriormente, atualmente não existe nenhuma recomendação relativamente ao chumbo, não sendo assim possível fazer uma comparação, apesar de serem apresentados os cálculos para este.

**Tabela 3.6 Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) estabelecida para o mercúrio e cádmio em mg/kg de peso corporal/semana (EFSA, s.d.).**

<b>Metal Pesado</b>	<b>PTWI (mg/kg de peso corporal/semana)</b>
<b>Mercúrio</b>	0,0013
<b>Cádmio</b>	0,0025

Para ser feita a avaliação de risco de exposição através do consumo de pescado, torna-se necessário estimar pesos médios para cada faixa etária, sendo que o peso médio corporal de um adulto está estimado pela EFSA em 60 kg. Assim, na tabela 3.7, estão representados os pesos médios a considerar, bem como os PTWI correspondentes para cada peso, que resultam da multiplicação do peso médio corporal (kg) pelo PTWI estabelecido (mg/kg de peso corporal/semana) (EFSA, 2004).

**Tabela 3.7 Pesos médios corporais para cada faixa etária com a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) adequada a cada peso (EFSA, 2004).**

<b>PTWI (mg/semana)</b>			
<b>Faixa Etária</b>	<b>Peso médio corporal (kg)</b>	<b>Mercúrio</b>	<b>Cádmio</b>
<b>Crianças</b>	15	0,020	0,038
<b>Adolescentes</b>	45	0,059	0,113
<b>Adultos e Idosos</b>	60	0,078	0,150

Relativamente às crianças, estimou-se um peso médio de 15 kg e desta forma o PTWI situa-se nos 0,020 mg/semana e 0,038 mg/semana para o mercúrio e o cádmio, respetivamente. Nos adolescentes (45 kg), a dose semanal tolerável encontra-se nos 0,059 mg/semana para o mercúrio e 0,113 mg/semana para o cádmio. Por último, o grupo dos adultos e idosos, considerando um peso médio de 60kg para cada, tem um PTWI de 0,078 mg/semana para o mercúrio e de 0,150 mg/semana para o cádmio.

### **3.2.1 Estimativa da exposição consoante o género**

Os dados relativamente ao consumo diário de pescado das pessoas do género masculino e feminino, utilizados para se estimar a exposição ao mercúrio, cádmio e chumbo, estão demonstrados na tabela 3.8, assim como o consumo correspondente à frequência com

que este acontece (1 a 7 vezes por semana). A partir dos dados fornecidos pelo Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física, podemos observar que os indivíduos do sexo masculino ingerem, diariamente, mais pescado do que os indivíduos do sexo feminino, indicando assim que as pessoas do género masculino estão mais expostas aos metais presentes no pescado.

**Tabela 3.8 Consumo diário para cada género e respetivo consumo consoante a frequência com que acontece (IAN-AF, s.d.).**

Frequência de Consumo (g/semana)					
Género	Consumo (g/dia)	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Masculino	47,4	47,4-94,8	142,2-189,6	237,0-284,4	331,8
Feminino	35,0	35,0-70,0	105,0-140,0	175,0-210,0	245,0

Após ter sido calculado o consumo de pescado para cada género consoante a frequência semanal com que este é ingerido, foi calculada a estimativa da exposição a que a população portuguesa está sujeita. Para a realização dos cálculos foi utilizada a expressão descrita no ponto “2. Materiais e Métodos” desta dissertação, bem como as concentrações médias finais representadas na tabela 3.5, o peso médio de 60 kg e os dados de consumo presentes na tabela 3.8. As concentrações médias dos metais pesados, utilizadas nesta fase, têm em consideração as determinações em que o resultado foi “Não detetado”, ou seja, 0,00 mg/kg, e os limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado. Desta forma, podem ser encontrados na tabela 3.9 os valores calculados relativamente à estimativa da quantidade de metais pesados ingerida.

**Tabela 3.9 Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante o género.**

Frequência de Consumo (mg/semana)					
Género	Metais Pesados	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Masculino	Mercúrio	0,006-0,011	0,017-0,023	0,028-0,034	0,040
	Cádmio	0,008-0,017	0,026-0,034	0,043-0,051	0,060
	Chumbo	0,004-0,009	0,013-0,017	0,021-0,026	0,030
Feminino	Mercúrio	0,004-0,008	0,012-0,017	0,021-0,025	0,029
	Cádmio	0,006-0,013	0,019-0,025	0,032-0,038	0,044
	Chumbo	0,003-0,006	0,009-0,013	0,016-0,019	0,022

Com os cálculos efetuados, procedeu-se à verificação da quantidade de metais pesados a que cada género está exposto. De acordo com os PTWI estabelecidos e representados na tabela 3.7 para os adultos (0,078 mg/semana para o mercúrio e 0,150 mg/semana para o cádmio), o pescado que apresente estas concentrações de metais pesados não apresenta perigo para os indivíduos do género masculino e feminino, seja qual for a frequência de consumo. Os dados obtidos mostram que os homens estão expostos a concentrações de mercúrio entre os 0,006 e os 0,040 mg/semana, em relação ao cádmio, essas concentrações encontram-se entre os 0,008 e os 0,060 mg/semana e, por último, relativamente ao chumbo as concentrações atingem um mínimo de 0,004 e um máximo de 0,030 mg/semana. No caso das mulheres, as concentrações de mercúrio ingeridas encontram-se entre os 0,004 e os 0,029 mg/semana, para o cádmio, entre 0,006 e os 0,044 mg/semana e para o chumbo entre 0,003 e 0,022 mg/semana.

### 3.2.2 Estimativa da exposição consoante a faixa etária

Neste ponto vão ser utilizados os dados relativamente ao consumo diário de pescado consoante a faixa etária (crianças, adolescentes, adultos e idosos) para se estimar a exposição ao mercúrio, cádmio e chumbo. Estão demonstrados na tabela 3.10, assim como o consumo correspondente à frequência com que este acontece (1 a 7 vezes por semana). Este é um ponto importante, uma vez que as crianças representam a faixa etária que está mais suscetível relativamente à ingestão de metais pesados devido ao seu baixo peso, pois consequentemente têm um PTWI mais baixo (tabela 3.7). A partir dos dados colhidos pelo Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física, podemos observar que os idosos são atualmente a faixa etária que mais consome pescado diariamente.

**Tabela 3.10 Consumo diário para cada faixa etária e respetivo consumo consoante a frequência com que acontece (IAN-AF, s.d.).**

Faixa Etária	Frequência de Consumo (g/semana)				
	Consumo (g/dia)	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Crianças	24,6	24,6-49,2	73,8-98,4	123-147,6	172,2
Adolescentes	32,8	32,8-65,6	98,4-131,2	164-196,8	229,6
Adultos	43,6	43,6-87,2	130,8-174,4	218-261,6	305,2
Idosos	46,4	46,4-92,8	139,2-185,6	232-278,4	324,8

Após ter sido calculado o consumo para cada faixa etária consoante a frequência semanal com que o pescado é ingerido, foi calculada a estimativa da exposição. Para a realização dos cálculos, foi utilizada a mesma expressão descrita anteriormente, bem como as concentrações médias finais representadas na tabela 3.5, o peso médio para cada faixa etária



(tabela 3.7) e os dados de consumo presentes na tabela 3.10. As concentrações médias dos metais pesados, utilizadas nesta fase, têm em consideração as determinações em que o resultado foi “Não detetado”, ou seja, 0,00 mg/kg, e os limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado. Desta forma, podem ser encontrados na tabela 3.11 os valores calculados relativamente à estimativa da quantidade de metais pesados ingerida.

**Tabela 3.11 Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante a faixa etária.**

Faixa Etária	Metais Pesados	Frequência de Consumo (mg/semana)			
		1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Crianças	Mercúrio	0,003-0,006	0,009-0,012	0,015-0,018	<b>0,021</b>
	Cádmio	0,004-0,009	0,013-0,018	0,022-0,027	0,031
	Chumbo	0,002-0,004	0,007-0,009	0,011-0,013	0,015
Adolescentes	Mercúrio	0,004-0,008	0,012-0,016	0,020-0,024	0,030
	Cádmio	0,006-0,012	0,018-0,024	0,030-0,035	0,041
	Chumbo	0,003-0,006	0,009-0,012	0,015-0,018	0,021
Adultos	Mercúrio	0,005-0,010	0,016-0,021	0,026-0,031	0,037
	Cádmio	0,008-0,016	0,024-0,031	0,040-0,047	0,055
	Chumbo	0,004-0,008	0,012-0,016	0,020-0,024	0,027
Idosos	Mercúrio	0,006-0,011	0,017-0,022	0,028-0,033	0,040
	Cádmio	0,008-0,017	0,025-0,033	0,042-0,050	0,058
	Chumbo	0,004-0,008	0,013-0,017	0,021-0,025	0,029

Valores assinalados a cor vermelha – Valores de exposição que ultrapassaram a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) correspondente.

Com os cálculos efetuados e representados na tabela acima (tabela 3.11), pode concluir-se que a faixa etária das crianças está em risco relativamente à ingestão de mercúrio quando a frequência de consumo se situa nas 7 vezes semanais, uma vez que a ingestão de mercúrio está situada nos 0,021 mg/semana enquanto que o PTWI para este é relativamente a esta faixa etária se encontra nos 0,020 mg/semana. Em relação às outras faixas etárias, não foram encontrados riscos associados ao consumo de pescado.

As crianças apresentam uma ingestão mínima de 0,003 e máxima de 0,021 mg/semana relativamente ao mercúrio (PTWI = 0,020 mg/semana). Relativamente ao cádmio, os valores encontram-se entre os 0,004 e os 0,031 mg/semana (PTWI = 0,038 mg/semana) e para o chumbo, o valor mínimo é de 0,002 e o máximo de 0,015 mg/semana.

Na faixa etária dos adolescentes, a ingestão de mercúrio encontra-se com mínimos de 0,004 e máximos de 0,030 mg/semana (PTWI = 0,059 mg/semana), no caso do cádmio esses valores encontram-se entre os 0,006 e os 0,041 mg/semana (PTWI = 0,113 mg/semana) e, em relação ao chumbo, entre 0,003 e 0,021 mg/semana.

Nos adultos, o mercúrio é ingerido em quantidades de 0,005 a 0,037 mg/semana (PTWI = 0,078 mg/semana), relativamente ao cádmio, a ingestão deste está compreendida entre 0,008

e 0,055 mg/semana (PTWI = 0,150 mg/semana) e o chumbo apresenta valores de ingestão entre os 0,004 e os 0,027 mg/semana.

Por último, a faixa etária relativa aos idosos é a que apresenta uma maior ingestão de metais pesados, devido ao facto de esta também ser a faixa etária que apresenta um maior consumo diário de pescado e desta forma, as quantidades de mercúrio ingeridas encontram-se entre os 0,006 e os 0,040 mg/semana (PTWI = 0,078 mg/semana), as de cádmio estão compreendidas entre os 0,008 e os 0,058 mg/semana (PTWI = 0,150 mg/semana) e para finalizar, em relação ao chumbo, a ingestão semanal situa-se entre os 0,004 e os 0,029 mg/semana.

### **3.3 Estimativa da exposição da população portuguesa às concentrações médias dos metais pesados, desprezando as determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação, baseado nos dados de consumo de pescado do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física**

Tal como no ponto 3.2 desta dissertação, este tem o objetivo de calcular a exposição a que a população portuguesa está sujeita aos metais pesados provenientes do consumo de pescado, no entanto vão ser utilizadas novas concentrações médias que resultam do desprezo das determinações em que o resultado obtido foi inferior ao limite de deteção e quantificação correspondente a cada metal pesado (tabela 3.12), uma vez que estes limites não representam os valores reais, mas sim máximos que nunca foram atingidos, reduzindo o erro associado e obtendo-se médias mais precisas.

**Tabela 3.12 Concentrações médias finais das determinações feitas para o mercúrio, cádmio e chumbo, no decorrer dos anos de 2016, 2017, 2018 e primeiro trimestre de 2019, desprezando as determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação.**

Concentrações médias dos metais pesados (mg/kg)			
Ano	Mercúrio	Cádmio	Chumbo
2016	0,23	0,26	0,28
2017	0,11	0,44	0,28
2018	0,12	0,20	0,36
2019	0,26	0,16	0,12
Concentração Média Final	0,18	0,27	0,23

Em relação às concentrações médias determinadas anteriormente, verifica-se que com este desprezo existe um aumento das concentrações, em que o mercúrio passou de uma média de 0,12 mg/kg para 0,18 mg/kg, o cádmio passou de 0,18 mg/kg para 0,27 mg/kg e o chumbo apresentou um aumento de 0,09 mg/kg para 0,23 mg/kg. Desta forma, a exposição vai voltar a ser calculada de acordo com o género e a faixa etária, utilizando os valores de consumo diário já descritos anteriormente nas tabelas 3.8 e 3.10, respetivamente.

### 3.3.1 Estimativa da exposição consoante o género

A estimativa de exposição aos metais pesados para os homens e as mulheres, tal como anteriormente, foi calculada com base no consumo diário descrito na tabela 3.8 e considerando o peso médio de um adulto de 60 kg, sendo que a única diferença se encontra nas concentrações médias utilizadas (tabela 3.12). Assim, os valores de exposição determinados estão representados na tabela 3.13.

**Tabela 3.13 Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante o género, utilizando as concentrações médias resultantes da eliminação das determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação.**

Frequência de Consumo (mg/semana)					
Género	Metais Pesados	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Masculino	Mercúrio	0,009-0,017	0,026-0,034	0,042-0,051	0,060
	Cádmio	0,013-0,026	0,038-0,051	0,064-0,077	0,090
	Chumbo	0,011-0,022	0,033-0,044	0,055-0,065	0,076
Feminino	Mercúrio	0,006-0,013	0,019-0,025	0,032-0,038	0,044
	Cádmio	0,009-0,019	0,028-0,038	0,047-0,057	0,066
	Chumbo	0,008-0,016	0,024-0,032	0,040-0,048	0,056

Com os cálculos efetuados procede-se à verificação da quantidade de metais pesados ingerida e, de acordo com os PTWI estabelecidos e representados na tabela 3.7 (0,078 mg/semana para o mercúrio e 0,150 mg/semana para o cádmio), para os adultos, voltou a concluir-se que, mesmo com os valores em questão desprezados, as novas concentrações médias calculadas voltam a não colocar em risco quem consome pescado nas quantidades descritas, seja qual for a frequência de consumo. Os dados obtidos mostram que, desta forma, os homens estão expostos a concentrações de mercúrio entre os 0,009 e os 0,060 mg/semana em relação ao cádmio, essas concentrações encontram-se entre os 0,013 e os 0,090 mg/semana e, por último, relativamente ao chumbo as concentrações atingem um mínimo de 0,011 e um máximo de 0,076 mg/semana. No caso das mulheres, as concentrações de mercúrio ingeridas encontram-se entre os 0,006 e os 0,044 mg/semana, para o cádmio entre 0,009 e os 0,066 mg/semana e para o chumbo entre 0,008 e 0,056 mg/semana.

### 3.3.2 Estimativa da exposição consoante a faixa etária

À luz do que aconteceu no ponto 3.3.1, os cálculos a ser efetuados para cada faixa etária apenas vão diferir nas concentrações médias utilizadas, sendo os pesos médios utilizados para a estimativa da exposição ao mercúrio, cádmio e chumbo os mesmos que foram usados no ponto 3.2.2, bem como os dados de consumo diário. Os valores de exposição a estes contaminantes estão representados na tabela 3.14.

**Tabela 3.14 Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante a faixa etária, utilizando as concentrações médias resultantes da eliminação das determinações cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação.**

Frequência de Consumo (mg/semana)					
Faixa Etária	Metais Pesados	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Crianças	Mercúrio	0,004-0,009	0,013-0,017	<b>0,022-0,027</b>	<b>0,031</b>
	Cádmio	0,006-0,013	0,020-0,027	0,033- <b>0,040</b>	<b>0,046</b>
	Chumbo	0,005-0,011	0,017-0,023	0,028-0,033	0,040
Adolescentes	Mercúrio	0,006-0,012	0,018-0,024	0,030-0,035	0,041
	Cádmio	0,009-0,018	0,027-0,035	0,044-0,053	0,062
	Chumbo	0,008-0,015	0,023-0,030	0,038-0,045	0,053
Adultos	Mercúrio	0,008-0,016	0,024-0,031	0,040-0,047	0,055
	Cádmio	0,012-0,024	0,035-0,047	0,059-0,070	0,082
	Chumbo	0,010-0,020	0,030-0,040	0,050-0,060	0,070
Idosos	Mercúrio	0,008-0,017	0,025-0,033	0,042-0,050	0,058
	Cádmio	0,013-0,025	0,038-0,050	0,063-0,075	0,088
	Chumbo	0,011-0,021	0,032-0,043	0,053-0,064	0,075

Valores assinalados a cor vermelha – Valores de exposição que ultrapassaram a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) correspondente.

Com os cálculos efetuados e representados na tabela 3.14, pode concluir-se que a faixa etária das crianças está em perigo relativamente à ingestão de mercúrio e cádmio quando a frequência de consumo se situa nas 5 e 6 vezes semanais, respetivamente, uma vez que a ingestão de mercúrio está situada nos 0,022 mg/semana e de cádmio nos 0,040 mg/semana enquanto que o PTWI para o mercúrio e o cádmio situa-se nos 0,020 mg/semana e 0,038 mg/semana, respetivamente. Em relação às outras faixas etárias não foram encontrados quaisquer perigos associados ao consumo de pescado.

As crianças apresentam uma ingestão mínima de 0,004 e máxima de 0,031 mg/semana relativamente ao mercúrio (PTWI = 0,020 mg/semana). Relativamente ao cádmio, os valores encontram-se entre os 0,006 e os 0,046 mg/semana (PTWI = 0,038 mg/semana) e para o chumbo o valor mínimo é de 0,005 e o máximo de 0,040 mg/semana.

Na faixa etária dos adolescentes, a ingestão de mercúrio encontra-se com mínimos de 0,006 e máximos de 0,041 mg/semana (PTWI = 0,059 mg/semana), no caso do cádmio esses valores encontram-se entre os 0,009 e os 0,062 mg/semana (PTWI = 0,113 mg/semana) e, em relação ao chumbo entre 0,008 e 0,053 mg/semana.

Nos adultos, o mercúrio é ingerido em quantidades de 0,008 a 0,055 mg/semana (PTWI = 0,078 mg/semana), relativamente ao cádmio, a ingestão deste está compreendida entre 0,012 e 0,082 mg/semana (PTWI = 0,150 mg/semana) e o chumbo apresenta valores de ingestão entre os 0,010 e os 0,070 mg/semana.

Por último, a faixa etária relativa aos idosos é a que apresenta uma maior ingestão de metais pesados devido ao facto de esta também ser a faixa etária que apresenta um maior

consumo diário de pescado. Desta forma, as quantidades de mercúrio ingeridas encontram-se entre os 0,008 e os 0,058 mg/semana (PTWI = 0,078 mg/semana), as de cádmio estão compreendidas entre os 0,013 e os 0,088 mg/semana (PTWI = 0,150 mg/semana) e para finalizar, em relação ao chumbo, a ingestão semanal situa-se entre os 0,011 e os 0,075 mg/semana.

### **3.4 Estimativa da exposição da população portuguesa às concentrações médias dos metais pesados que se encontram acima do limite legal ou perto deste, baseado nos dados de consumo de pescado do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física**

De forma a dar por concluída a estimativa de exposição da população portuguesa aos metais pesados provenientes do consumo de pescado, foi feita uma terceira média das concentrações destes metais nas amostras colhidas. Esta média é resultante das amostras assinaladas a laranja e a vermelho nas tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, para se perceber o perigo associado à ingestão destes contaminantes quando presentes em maiores concentrações. As concentrações médias finais foram calculadas com base nas amostras que tinham na sua composição valores que se aproximavam do limite máximo legislado (quando a concentração é igual ou superior a 50% do limite legal) ou que ultrapassavam esse limite. A tabela 3.15 representa as médias dos valores assinalados entre 2016 e o primeiro trimestre de 2019. Não vão ser efetuadas comparações relativamente ao chumbo porque, novamente, como já foi descrito, não existem valores atuais que possam ser utilizados como recomendação. Os cálculos para o chumbo serão apresentados, tal como nas situações anteriores.

**Tabela 3.15 Concentrações médias finais das determinações feitas para o mercúrio, cádmio e chumbo, que se encontravam próximas do limite máximo legislado ou que ultrapassavam esse limite, no decorrer dos anos de 2016, 2017, 2018 e primeiro trimestre de 2019.**

<b>Concentrações médias dos metais pesados (mg/kg)</b>			
<b>Ano</b>	<b>Mercúrio</b>	<b>Cádmio</b>	<b>Chumbo</b>
<b>2016</b>	0,86	0,90	-
<b>2017</b>	0,50	1,68	-
<b>2018</b>	0,70	0,70	0,98
<b>2019</b>	1,12	-	-
<b>Concentração Média Final</b>	0,80	1,10	0,98

Relativamente às concentrações médias determinadas nesta fase, em que foram apenas contabilizadas as amostras que tinham valores próximos ou acima do limite máximo legislado, verifica-se que, como seria esperado, existe um aumento considerável das concentrações em que o mercúrio passou de médias de 0,12 e 0,18 mg/kg para 0,80 mg/kg, o cádmio passou de 0,18 e 0,27 mg/kg para 1,10 mg/kg e o chumbo registou uma média de 0,98 mg/kg, sendo que

as médias anteriormente determinadas foram de 0,09 e 0,23 mg/kg. Desta forma, a exposição vai voltar a ser calculada de acordo com o género e a faixa etária, utilizando os valores de consumo diário já descritos anteriormente nas tabelas 3.8 e 3.10, respetivamente.

### 3.4.1 Estimativa da exposição consoante o género

A estimativa de exposição aos metais pesados para os homens e as mulheres, tal como nos pontos 3.2.1 e 3.3.1, foi calculada com base no consumo diário descrito na tabela 3.8 e considerando o peso médio de um adulto de 60 kg, sendo que a única diferença, se encontra nas concentrações médias utilizadas (tabela 3.15). Assim, os valores de exposição determinados estão representados na tabela 3.16.

**Tabela 3.16 Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante o género, utilizando as concentrações médias das amostras que se encontravam próximas ou acima do limite máximo legislado.**

Frequência de Consumo (mg/semana)					
Género	Metais Pesados	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Masculino	Mercúrio	0,038-0,076	<b>0,114-0,152</b>	<b>0,190-0,228</b>	<b>0,265</b>
	Cádmio	0,052-0,104	<b>0,156-0,209</b>	<b>0,260-0,313</b>	<b>0,365</b>
	Chumbo	0,046-0,093	0,139-0,186	0,232-0,279	0,325
Feminino	Mercúrio	0,028-0,056	<b>0,084-0,112</b>	<b>0,140-0,168</b>	<b>0,196</b>
	Cádmio	0,039-0,077	0,116- <b>0,154</b>	<b>0,193-0,231</b>	<b>0,270</b>
	Chumbo	0,034-0,068	0,103-0,137	0,172-0,206	0,240

Valores assinalados a cor vermelha – Valores de exposição que ultrapassaram a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) correspondente.

Com os calculados efetuados, procede-se à verificação da quantidade de metais pesados ingerida e, de acordo com os PTWI estabelecidos e representados na tabela 3.7 (0,078 mg/semana para o mercúrio e 0,150 mg/semana para o cádmio), para os adultos conclui-se que no sexo masculino o valor de PTWI recomendado para o mercúrio e cádmio é ultrapassado à terceira vez em que o pescado é consumido, uma vez que apresentam valores de 0,114 mg/semana para o mercúrio e 0,156 mg/semana para o cádmio. Relativamente ao sexo feminino, os valores de mercúrio ingerido (0,084 mg/semana) excedem o PTWI na mesma frequência de consumo que o sexo masculino, no entanto a ingestão de cádmio só excede o PTWI na quarta vez em que o pescado é consumido (0,154 mg/semana). Os dados obtidos mostram que, desta forma, os homens estão expostos a concentrações de mercúrio entre os 0,038 e os 0,265 mg/semana, em relação ao cádmio essas concentrações encontram-se entre os 0,052 e os 0,365 mg/semana e, por último, relativamente ao chumbo as concentrações atingem um mínimo de 0,046 e um máximo de 0,325 mg/semana. No caso das mulheres, as concentrações de mercúrio

ingeridas encontram-se entre os 0,028 e os 0,196 mg/semana, para o cádmio entre 0,039 e os 0,270 mg/semana e para o chumbo entre 0,034 e 0,240 mg/semana.

O uso de concentrações mais elevadas para estimar a exposição aos metais pesados mostra que qualquer amostra de pescado que esteja contaminada com os valores em questão representa perigo para a saúde pública se forem consumidos mais do que 2 vezes por semana. Sendo Portugal um dos países que mais consome pescado, este é um cenário que, apesar de ter uma baixa probabilidade de acontecer, não deixa de ser impossível.

### 3.4.2 Estimativa da exposição consoante a faixa etária

Tal como que aconteceu nos pontos 3.3.1 e 3.4.1, os cálculos a ser efetuados para cada faixa etária apenas vão diferir nas concentrações médias utilizadas, que neste caso são as médias representadas na tabela 3.15. Os pesos médios utilizados para a estimativa da exposição ao mercúrio, cádmio e chumbo são os mesmos que foram usados nos pontos 3.2.2 e 3.3.2, bem como os dados de consumo diário. Os valores de exposição a estes contaminantes estão representados na tabela 3.17.

**Tabela 3.17 Estimativa do mercúrio, cádmio e chumbo, ingerido pelo consumo de pescado para as diversas frequências de consumo, consoante a faixa etária, utilizando as concentrações médias das amostras que se encontravam próximas ou acima do limite máximo legislado.**

Frequência de Consumo (mg/semana)					
Faixa Etária	Metais Pesados	1-2 vezes/semana	3-4 vezes/semana	5-6 vezes/semana	7 vezes/semana
Crianças	Mercúrio	0,019- <b>0,039</b>	<b>0,059-0,079</b>	<b>0,098-0,118</b>	<b>0,138</b>
	Cádmio	0,027- <b>0,054</b>	<b>0,081-0,108</b>	<b>0,135-0,162</b>	<b>0,189</b>
	Chumbo	0,024-0,048	0,072-0,096	0,120-0,145	0,169
Adolescentes	Mercúrio	0,026-0,052	<b>0,078-0,105</b>	<b>0,131-0,157</b>	<b>0,184</b>
	Cádmio	0,036-0,072	0,108- <b>0,144</b>	<b>0,180-0,216</b>	<b>0,253</b>
	Chumbo	0,032-0,064	0,096-0,129	0,160-0,193	0,225
Adultos	Mercúrio	0,035-0,070	<b>0,105-0,140</b>	<b>0,174-0,209</b>	<b>0,244</b>
	Cádmio	0,048-0,096	0,144- <b>0,192</b>	<b>0,240-0,288</b>	<b>0,336</b>
	Chumbo	0,042-0,085	0,128-0,171	0,214-0,256	0,299
Idosos	Mercúrio	0,037-0,074	<b>0,111-0,148</b>	<b>0,186-0,223</b>	<b>0,260</b>
	Cádmio	0,051-0,102	<b>0,153-0,204</b>	<b>0,255-0,306</b>	<b>0,357</b>
	Chumbo	0,045-0,090	0,136-0,182	0,227-0,273	0,318

Valores assinalados a cor vermelha – Valores de exposição que ultrapassaram a Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) correspondente.

Após a realização dos cálculos que estão representados na tabela 3.17, pode concluir-se que todas as faixas etárias estão em perigo relativamente à ingestão de mercúrio e cádmio para diferentes frequências de consumo.

Relativamente às crianças e à ingestão de mercúrio, estas estão em perigo desde a segunda dose semanal, sendo que logo na primeira quase que atinge o máximo recomendado



semanalmente (0,019 mg/semana). Os valores de ingestão de mercúrio situam-se entre os 0,019 e os 0,138 mg/semana, sendo o máximo recomendado de 0,020 mg/semana como está discriminado na tabela 3.7. A exposição ao cádmio, tal como no mercúrio, ultrapassa o valor de PTWI (0,038 mg/semana) à segunda vez que o pescado é consumido numa semana, atingindo dessa forma um valor de 0,054 mg/semana para essa frequência de consumo. A ingestão de cádmio situa-se entre os 0,027 mg/semana e os 0,189 mg/semana. O chumbo está compreendido entre 0,024 e 0,169 mg por semana para as diferentes frequências de consumo.

Na faixa etária dos adolescentes, o valor de PTWI (0,059 mg/semana) estabelecido para o mercúrio é ultrapassado à terceira dose de pescado semanal (0,078 mg/semana) enquanto que o PTWI do cádmio (0,113 mg/semana) é excedido à quarta vez que o pescado é ingerido (0,144 mg/semana). De uma forma geral, a ingestão de mercúrio está compreendida entre os 0,026 e os 0,184 mg/semana, a de cádmio entre 0,036 e 0,253 mg/semana e concluindo, o chumbo encontra-se com uma ingestão de 0,032 a 0,225 mg/semana.

Nos adultos, à semelhança do que acontece nos adolescentes, o PTWI do mercúrio (0,078 mg/semana) e do cádmio (0,150 mg/semana) é excedido à terceira e quarta dose semanal, respetivamente. O valor de mercúrio registado à terceira vez que o pescado é consumido é de 0,105 mg/semana e o valor de cádmio é de 0,192 mg/semana à quarta vez. Assim, os valores de mercúrio, cádmio e chumbo estão compreendidos entre 0,035 e 0,244 mg/semana, 0,048 e 0,336 mg/semana e 0,042 e 0,299 mg/semana, respetivamente.

Por último, a faixa etária relativa aos idosos é a que apresenta uma maior ingestão de metais pesados, devido ao facto de esta também ser a faixa etária que apresenta um maior consumo diário de pescado. A ingestão de mercúrio e cádmio excede os respetivos PTWI à terceira dose semanal, atingindo para essa frequência valores de 0,111 e 0,153 mg/semana, respetivamente. Nesta faixa etária, os valores calculados para cada metal pesado estão situados entre os 0,037 e 0,260 mg/semana para o mercúrio, 0,051 e 0,357 mg/semana para o cádmio e relativamente ao chumbo, os valores encontram-se entre os 0,045 e 0,318 mg/semana.

Em suma, pode verificar-se que os aumentos das concentrações médias influenciaram em muito o perigo a que as diversas faixas etárias estavam sujeitas, notando que na faixa etária das crianças os valores de PTWI são atingidos muito cedo, sendo apenas necessárias duas a três doses por semana para que tal aconteça, de acordo com o consumo diário registado para estes. Nas restantes faixas pode concluir-se que é seguro o consumo de pescado quando este se situa em duas vezes semanais, uma vez que a partir da terceira os valores de PTWI já são excedidos.



### **3.5 Cálculo da concentração necessária para atingir os valores da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) numa só dose**

Para dar por encerrado este capítulo, fez-se os cálculos para se saber a concentração necessária de mercúrio e cádmio, para o valor da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) correspondente a cada um ser atingido numa única dose de consumo de pescado. Dessa forma, utilizou-se a expressão que serviu para calcular os valores de exposição demonstrados nos pontos anteriores, no entanto, ao invés de ser calculado o valor de exposição, foi calculado o valor da concentração do metal pesado com base no consumo diário e no PTWI do metal em interesse. Assim, foram feitos os cálculos consoante o género e a faixa etária, estando os resultados demonstrados nas duas tabelas seguintes (3.18 e 3.19).

**Tabela 3.18 Concentração necessária, em mg/kg, para se atingir os valores da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) numa só dose, consoante o género.**

Concentração necessária para atingir PTWI (mg/kg)			
Género	Consumo (g/dia)	Mercúrio	Cádmio
Masculino	47,4	1,65	3,16
Feminino	35,0	2,23	4,29

Feitos os cálculos para cada género (tabela 3.18) concluiu-se que para o sexo masculino, de acordo com o consumo diário atual deste, é necessário que uma refeição de pescado esteja contaminada com 1,65 mg/kg de mercúrio ou 3,16 mg/kg de cádmio para ultrapassar o PTWI (0,078 mg/semana para o mercúrio e 0,150 mg/semana para o cádmio) numa só dose, enquanto que relativamente ao sexo feminino, esses valores encontram-se situados nos 2,23 mg/kg para o mercúrio e 4,29 mg/kg, sendo valores naturalmente superiores aos do sexo masculino uma vez que resultam de um menor consumo diário.

**Tabela 3.19 Concentração necessária, em mg/kg, para se atingir os valores da Dose Semanal Tolerável Provisória (PTWI) numa só dose, consoante a faixa etária.**

Concentração necessária para atingir PTWI (mg/kg)			
Faixa Etária	Consumo (g/dia)	Mercúrio	Cádmio
Crianças	24,6	0,81	1,54
Adolescentes	32,8	1,80	3,45
Adultos	43,6	1,79	3,44
Idosos	46,4	1,68	3,23

Relativamente às diferentes faixas etárias (tabela 3.19), podemos concluir que as crianças, para atingirem o seu PTWI (0,020 mg/semana para o mercúrio e 0,038 mg/semana para o cádmio), é necessário que uma dose esteja contaminada com 0,81 mg/kg de mercúrio ou 1,54 mg/kg de cádmio, de acordo com o consumo diário registado atualmente. No caso das restantes faixas etárias (adolescentes, adultos e idosos), os valores obtidos são bastante semelhantes entre si, uma vez que os adolescentes (PTWI para mercúrio de 0,059 mg/semana e para o cádmio de 0,113 mg/semana) necessitam de uma concentração de 1,80 mg/kg de mercúrio e 3,45 mg/kg de cádmio, os adultos, de 1,79 mg/kg de mercúrio e 3,44 mg/kg de cádmio e os idosos, de 1,68 mg/kg de mercúrio e 3,23 mg/kg de cádmio. Os valores são decrescentes desde os adolescentes até aos idosos, como consequência do aumento do consumo diário, uma vez que quanto maior o consumo de pescado, menor será a concentração necessária para se atingir o PTWI estabelecido. No caso das crianças, os baixos valores de concentração necessários resultam do facto seu peso médio ser bastante inferior, sendo que deste modo os seus organismos estão mais vulneráveis a estes contaminantes.

Desta forma, e como conclusão da discussão de resultados, um estudo realizado por Renieri e colaboradores que consistiu na biomonitorização do cádmio, chumbo e mercúrio na região mediterrânica concluiu que realizar uma avaliação comparativa relativamente ao risco associado ao consumo de pescado não é uma tarefa fácil devido aos diversos fatores externos que condicionam a pesquisa, uma vez que a bibliografia existente varia muito em termos de resultados e sensibilidade das técnicas utilizadas, onde se destacam os limites de deteção. No entanto, relativamente à avaliação de risco que foi realizada no estudo em questão, os consumidores adultos dos países avaliados (Itália, Espanha, Turquia) não parecem estar em risco, mas, apesar dos valores de PTWI não serem atingidos, a ingestão de pequenas doses de metais pesados que foi verificada pode colocar em risco a saúde a longo prazo. Assim, este estudo alerta as instituições de saúde, incluindo organizações públicas e privadas, numa tentativa de maximizar os benefícios para a saúde através do alto valor biológico do pescado e minimizar quaisquer riscos para a saúde, para que todas as instituições que estejam relacionadas com este assunto colaborem em conjunto de forma a que exista uma base de dados mais consistente que permita uma avaliação mais precisa da exposição aos metais pesados provenientes do consumo de pescado (Renieri *et al.*, 2014).

#### **4. Conclusões**

Portugal é um dos países do mundo onde o consumo de pescado constitui uma grande parte da dieta diária desta forma, o trabalho a desenvolver nesta dissertação teve como principal objetivo avaliar a exposição aos metais pesados presentes no pescado (mercúrio, cádmio e chumbo) a que a população portuguesa está sujeita devido ao consumo elevado que se regista. A partir do controlo oficial realizado pela ASAE, no âmbito do Plano Nacional de Colheita de Amostras, foram colhidas 257 amostras provenientes de diversas superfícies comerciais em Portugal para a quantificação de metais pesados entre 2016 e o primeiro trimestre de 2019, onde foram efetuadas 674 determinações para a quantificação de metais pesados, das quais 241 foram direcionadas ao mercúrio, 243 ao cádmio e 190 ao chumbo.

Primeiramente, numa análise de conformidade, todas as amostras foram analisadas de acordo com o Regulamento (CE) N.º 1831/2006 da Comissão, de 19 de dezembro de 2006, uma vez que é este o responsável por fixar os teores máximos de certos contaminantes presentes nos alimentos, nomeadamente os metais pesados. Assim, verificou-se que no ano de 2016 3,4% das amostras colhidas se encontravam não conformes, uma vez que das 87 que foram colhidas nesse ano, duas delas tinham na sua composição mercúrio superior ao limite máximo legislado e outra não conformidade resultou do cádmio também se encontrar em excesso. No entanto outras sete amostras, apesar de se encontrarem conformes, tinham valores a ter em conta por serem concentrações que podem causar danos quando acumuladas no organismo.

Relativamente ao ano de 2017, foram colhidas 52 amostras das quais 5,8% se encontravam não conformes. Essa percentagem foi resultado de três amostras apresentarem cádmio superior ao limite legal e outras quatro das 52 amostras também apresentarem valores a ter em consideração por se encontrarem um pouco elevados relativamente ao que seria normal, apesar de estarem conformes.

O ano de 2018 foi o ano que registou menos não conformidades, uma vez que das 95 amostras colhidas nesse ano, apenas uma se encontrava não conforme devido a mercúrio em excesso, resultando numa percentagem de não conformidades de 1,1% no entanto, foi o ano que registou mais amostras com valores elevados de metais pesados, dentro da conformidade, sendo nove o número de amostras assim registadas com essas concentrações.

No que respeita ao primeiro trimestre de 2019, à semelhança do que aconteceu em 2018 tendo em conta que não é uma abordagem anual, apenas uma amostra das 23 que foram colhidas se encontrava não conforme devido ao mercúrio ultrapassar o máximo estipulado pela legislação, resultando numa percentagem de 4,3% de não conformidades. Houve ainda uma amostra conforme a ter em conta relativamente à presença de metais pesados em valores elevados.

De uma forma geral, o atum e o peixe-espada-preto mostraram ser as amostras de pescado que mais sofrem de contaminação pelo mercúrio, no entanto, no que toca à

contaminação pelo cádmio, as amostras predominantes foram o choco e a lula. Por último, relativamente ao chumbo, apesar de não se ter registado nenhuma não conformidade, pode verificar-se que a amêijoia é a espécie de pescado que por mais vezes apresentou valores elevados deste contaminante.

Feita a análise de conformidade, procedeu-se então ao principal objetivo deste trabalho, ser realizada a estimativa da exposição aos metais pesados. Foram utilizadas três concentrações médias diferentes, resultantes das determinações efetuadas pelos Laboratórios da ASAE. Os cálculos para se avaliar a exposição foram feitos consoante o género e a faixa etária, com base nos dados de consumo diário de pescado provenientes do Inquérito Nacional Alimentar e de Atividade Física. Após a realização dos cálculos, os valores obtidos foram comparados com a dose tolerável de ingestão semanal, o PTWI correspondente a cada género ou faixa etária, uma vez que a estimativa de exposição foi feita para diversas frequências de consumo semanal que se encontravam compreendidas entre as uma e sete refeições por semana.

Na primeira estimativa utilizou-se as médias das concentrações onde foram consideradas as determinações cujo resultado foi “Não detetado”, ou seja, um valor de 0,00 mg/kg, e os valores dos limites de quantificação correspondentes a cada metal pesado. Deste modo, os valores calculados para cada género demonstraram não haver perigo para a saúde destes, uma vez que o valor de PTWI não foi ultrapassado. No entanto, de acordo com os cálculos efetuados e relativamente às diferentes faixas etárias, as crianças podem chegar a ultrapassar a dose tolerável de ingestão semanal, relativamente ao mercúrio, se a frequência de consumo chegar às sete vezes semanais. As restantes faixas etárias, de acordo com o calculado, não correm risco de ultrapassar os respetivos PTWI, se as amostras estiverem contaminadas com as concentrações médias em questão.

A segunda estimativa apenas diferiu nas concentrações médias utilizadas, uma vez que nestes cálculos as concentrações utilizadas foram resultantes do desprezo das determinações que cujo resultado foi inferior aos limites de quantificação correspondentes, visto que estes limites não representam valores reais, mas sim máximos que nunca chegaram a ser atingidos. À semelhança do que aconteceu na primeira estimativa, os cálculos efetuados para cada género não demonstraram haver perigo relativamente à ingestão destes contaminantes, já nos cálculos direcionados às faixas etárias, as crianças voltaram a ser a única faixa que corre perigo, mas neste caso, a ingestão de mercúrio ultrapassa o recomendado à quinta refeição e o cádmio tornou-se também um problema uma vez que a ingestão deste excede o tolerável por semana à sexta dose.

Por último, foi feita uma terceira estimativa que consistiu numa nova média resultante das amostras não conformes e daquelas que se encontravam próximas do limite máximo legal (quando a concentração determinada é igual ou superior a 50% do limite legal), de forma a perceber a partir de que frequência de consumo é que o PTWI é excedido quando são ingeridas concentrações mais elevadas. Assim, com os cálculos feitos, verificou-se que para o sexo masculino, o PTWI do mercúrio e do cádmio é excedido à terceira refeição semanal enquanto

que para o sexo feminino, a ingestão de mercúrio, tal como nos homens, é excedida à terceira refeição, sendo a única diferença no cádmio que é excedido à quarta vez que o pescado é consumido numa semana. Em relação às diferentes faixas etárias, foi determinado que para os valores de PTWI serem ultrapassados são apenas necessárias duas a três refeições por semana, continuando a ser a faixa etária das crianças aquela que menos refeições necessita para que esse valor seja excedido.

Posto isto, conclui-se que é importante reduzir o consumo de atum por esta ser uma das espécies mais consumidas em Portugal e devido ao facto de ser a espécie que apresentou, por mais vezes, valores elevados de mercúrio, chegando em alguns casos a ultrapassar o limite que está legislado, ao contrário das restantes amostras de pescado. É igualmente importante definir um maior controlo sobre os metais pesados, nomeadamente, o mercúrio e o cádmio, pois as não conformidades registadas ao longo destes quatro anos foram todas provenientes destes contaminantes. Além disso, a população portuguesa como grande consumidor de pescado, corre o risco de estar a ultrapassar a dose tolerável de ingestão semanal se não reduzir o consumo destes géneros alimentícios, devido ao poder acumulador que estes contaminantes têm no organismo, sendo que o mais preocupante está situado na faixa etária das crianças uma vez que, como se verificou nos cálculos da estimativa da exposição, esta é uma faixa etária que facilmente ultrapassa o recomendado se continuar a apresentar o mesmo consumo diário. Como foi descrito no capítulo da introdução, estes metais afetam especialmente os sistemas nervoso que se encontra em desenvolvimento e o ósseo, provocando danos que se podem prolongar para o resto da vida. O pescado é um componente muito importante na dieta uma vez que é uma fonte de nutrientes tais como proteínas, ácidos gordos, vitaminas e minerais, no entanto, com uma alimentação mais variada consegue-se obter um maior conjunto de nutrientes e, por consequência reduz-se a possibilidade de ingestão em excesso de certos contaminantes, como é o caso dos metais pesados.



## **Bibliografia**

- Almeida, C., Altintzoglou, T., Cabral, H., Vaz, S., 2015a. "Does seafood knowledge relate to more sustainable consumption?". *British Food Journal*, 117, 894-914.
- Almeida, C., Karadzic, V., Vaz, S., 2015b. "The Seafood Market in Portugal: Driving Forces and Consequences". *Marine Policy*, 61, 87-94.
- Arrifano, G.P.F., 2011. "Metilmercúrio e mercúrio inorgânico em peixes comercializados nos mercado municipal de Itaituba (Tapajós) e mercado do Ver-o-peso (Belém)". Dissertação de mestrado em Neurociências e Biologia Celular, Universidade Federal do Pará, Belém, 4.
- ASAE, 2018. "Plano de Inspeção e Fiscalização". Disponível em <https://www.asae.gov.pt/> (Consultado a 12/03/2019).
- ATSDR, 2012. "Toxicological Profile for Cadmium". *Toxicological Profiles*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA, 487.
- Bringel, A., Andrade, K., Júnior, N., Santos, G., 2014. "Nutritional Supplementation of Calcium and Vitamin D for Bone Health and Prevention of Osteoporotic Fractures". *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, 18, 353-358.
- Bowen, K., Harris, W., Krist-Etherson, P., 2016. "Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease: Are They Benefits?". *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*, 18, 69.
- Burdge, G., Calder, P., 2015. "Introduction to Fatty Acids and Lipids". *World Review Nutrition and Dietetics*, 112, 1-16.
- Cabañero, A., Carvalho, C., Madrid, Y., Batoréu, M., Cámara, C., 2005. "Quantification and Speciation of Mercury and Selenium in Fish Samples of High Consumption in Spain and Portugal". *Biological Trace Element Research*, 103, 17-35.
- Capitani, E., 2009. "Metabolism and Toxicity of lead in Children and Adults". *Medicina*, 42, 278-286.
- Carmona, P., Nabais, P., Vasconcelos, F., 2019. "PNCA: Evolução Histórica até à Atualidade". *Riscos e Alimentos*, 17, 6-30.
- Castoldi, A., Coccini, T., Ceccatelli, S., Manzo, L., 2001. "Neurotoxicity and Molecular Effects of Methylmercury". *Brain Research Bulletin*, 55, 197-203.
- Chapman, L., Chan H., 2000. "The Influence on Methylmercury Intoxication". *Environmental Health Perspectives*, 108, 29-56.
- Clarkson, T., 1993. "Molecular and Ionic Mimicry of Toxic Metals". *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 33, 545-571.
- Clarkson, T., 2002. "The Three Modern Faces of Mercury". *Environmental Health Perspectives*, 110, 11-23.
- Coletta, J., Bell, S., Roman, A., 2010. "Omega-3 Fatty Acids and Pregnancy". *Reviews in Obstetrics and Gynecology*, 3, 163-171.
- Damas, G., Bertoldo, B., Costa, L., 2014. "Mercúrio: da Antiguidade aos Dias Atuais". *Revista Virtual de Química*, 6, 1010-1020.
- Dayhuff, L., Wells M., 2005. "Identification of Fatty Acids in Fishes Collected from the Ohio River Using Gas Chromatography–Mass Spectrometry in Chemical Ionization and Electron Impact Modes". *Journal of Chromatography A*, 1098, 144-149.

Decreto-Lei n.º 274/2007, de 30 de julho que aprova a orgânica da Autoridade de Segurança Alimentar e Económica. Diário da República – Série I, 145, 4872-4876.

Decreto-Lei n.º 194/2012, de 23 de Agosto que aprova a orgânica da Autoridade de Segurança Alimentar e Económica. Diário da República – Série I, 163, 4641-4646.

DGRM, 2014. “Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa”. Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, 96.

EFSA, s.d. “About EFSA”. Disponível em <https://www.efsa.europa.eu/en> (Consultado a 11/03/2019).

EFSA, 2004. “Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Mercury and methylmercury in food”. The EFSA Journal, 34, 1-14.

EFSA, 2005. “Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a Request from The European Parliament Related to the Safety Assessment of Wild and Farmed fish”. The EFSA Journal, 236, 1-118.

EFSA, 2009. “Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain – Cadmium in Food”. The EFSA Journal, 980, 1-139.

EFSA, 2011. “Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain - Statement on Tolerable Weekly Intake for Cadmium”. The EFSA Journal, 9, 1975.

EFSA, 2012. “Scientific Opinion on the Risks for Public Health related to the Presence of Mercury and Methylmercury in Food”. The EFSA Journal, 10, 2985.

FAO, s.d. “FAOSTAT Data Base”. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (Consultado a 26/02/2019).

FAO, 2018. “The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals”. Food and Agriculture Organization, Italia, Roma, 227.

FAO/WHO, 2009. “Food Hygiene (Basic Texts) - Fourth Edition”. Italia, Roma, 136.

FAO/WHO, 2011. “Safety Evaluation of Certain Food Additive and Contaminants in Food”. Prepared by the Seventy-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Geneva, 226.

Fernandes, L., Mainier, F., 2014. “Risks of Cadmium Occupational Exposure”. Sistemas & Gestão, 9, 194-199.

Fernandéz, B., Lobo, L., Pereiro, R., 2019. “Atomic Absorption Spectrometry – Fundamentals, Instrumentation and Capabilities”. In: Worsfold, P., Townshend, A., Poole, C., Miró, M. (eds). Encyclopedia of Analytical Science – 3rd Edition, pp. 137-143, Elsevier, Amsterdam.

Ferreira, S., Bezerra, M., Santos, A., Santos, W., Novaes, C., Oliveira, O., Oliveira, M., Garcia, R., 2018. “Atomic Absorption Spectrometry – A Multi Element Technique”. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 100, 1-6.

Fetterman, Jr., Zdanowicz, M., 2009. “Therapeutic Potential of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Disease”. American Journal of Health-System Pharmacy, 66, 1169-1179.

Guallar, E., Sanz-Gallardo, M., Van't Veer, P., Bode, P., Aro, A., Gomez-Aracena, J., Kark, J., Riemersma, R., Martin-Moreno, J., Kok, F., 2002. “Heavy Metals and Myocardial Infarction



Study Group. Mercury, Fish Oils, and the Risk of Myocardial Infarction". The New England Journal of Medicine, 347, 1747-1754.

Health Canada, 2007. "Human Health Risk Assessment of Mercury in Fish and Health Benefits of the Fish Consumption". Bureau of Chemical Safety Food Directorate Health Products and Food Branch, 76.

HHS & EPA, 2004. "What You Need to Know About Mercury in Fish and Shellfish". U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Environmental Protection Agency, FDA-EPA Advisory, 26.

Holub, D., Holub, B., 2004. "Omega-3 Fatty Acids from Fish Oils and Cardiovascular Disease". Molecular and Cellular Biochemistry, 263, 217-225.

Hosomi, R., Yoshida, M., Fukunaga, K., 2012. "Seafood Consumption and Components for Health". Global Journal of Health Science, 4, 72-86.

Inaba, T., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Uetani, M., Oishi, M., Nakagawa, H., Nogawa, K., 2005. "Estimation of Cumulative Cadmium Intake Causing Itai-itai Disease". Toxicology Letters, 159, 190-201.

IAN-AF, s.d. "Plataforma de Dados". Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física. Disponível em <https://ian-af.up.pt/> (Consultado a 09/04/2019)

INE, 2017. "Balança Alimentar Portuguesa 2012-2016". Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa, 79.

INE, 2018. "Estatísticas da Pesca 2017". Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa, 150.

INSA, 2015. "Tabela da Composição dos Alimentos". Departamento da Alimentação e Nutrição, Lisboa. Disponível em <http://portfir.insa.pt> (Consultado a 17/02/2019).

Jo, S., Woo, H., Kwon, H., Oh, S., Park, J., Hong, Y., Pyo, H., Park, K., Há, M., Kim, H., Sohn, S., Kim, Y., Lim, J., Eom, S., Kim, B., Lee, K., Lee, J., Hwang, M., Kim, J., 2015. "Estimation of the biological half-life of methylmercury using a population toxicokinetic model". International Journal of Environmental Research and Public Health, 12, 9054-9067.

Lule, V., Garg, S., Gosewade, S., Tomar, S., Khedkar, C., 2016. "Niacin". In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.). Encyclopedia of Food and Health vol. 4, pp. 63-72, Academic Press, Oxford.

Maehre, H., Jensen, I., Eilertsen, K., 2016. "Fish: Dietary Importance and Health Effects". In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.). Encyclopedia of Food and Health vol. 2, pp. 699-705, Academic Press, Oxford.

Mazur, A., Maier, J., 2016. "Magnesium – An Essential Mineral". In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.). Encyclopedia of Food and Health vol. 3, pp. 587-592, Academic Press, Oxford.

NRC, 2000. "Toxicological Effects of Methylmercury". National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, 368.

NTP, 2011. "Cadmium and Cadmium Compounds – Report on Carcinogens". National Toxicology Program, National Toxicology Program Technical Report Series, 12, 80-83.

Navarro, M., Vaquero, M., 2016. "Potassium: Physiology". In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.). Encyclopedia of Food and Health vol. 4, pp. 432-438, Academic Press, Oxford.

Oh, R., 2005. "Practical Application of Fish Oil (Omega-3 Fatty Acids) in Primary Care". *Journal of the American Board of Family Practice*, 18, 28-36.

Olsen, S., Secher, N., 2002. "Low Consumption of Seafood in Early Pregnancy as a Risk Factor for Preterm Delivery: Prospective Cohort Study". *BMJ*, 324, 447.

Ozuni, E., Dhaskali, L., Abeshi, J., Zogaj, M., Haziti, I., Beqiraj, D., Latifi, F., 2010. "Heavy Metals in Fish for Public Consumption and Consumer Protection" *Natura Montenegrina, Podgorica*, 9, 843-851.

Pinstrup-Andersen, P., 2009. "Food Security: Definition and Measurement". *Food Security*, 1, 5-7.

Poças, M., Hogg, T., 2007. "Exposure Assessment of Chemicals from Packaging Materials in Foods: A Review". *Food Science and Technology*, 18, 219-230.

Regulamento (CE) N.º 178/2002, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro de 2002 que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 1.02.2002, L03, 35 (Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html> Consultado a 11/03/2019).

Regulamento (CE) N.º 1881/2006, do Conselho, de 19 de dezembro de 2006 que fica os teores máximos de certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 20.12.2006, L364, 29 (Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html> Consultado a 13/03/2019).

Regulamento (CE) N.º 333/2007, da Comissão. De 28 de março de 2007 que estabelece os métodos de amostragem para o controlo dos teores de oligoelementos e de contaminantes derivados da transformação de géneros alimentícios. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 29.03.2007, L88, 14 (Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html> Consultado a 13/03/2019).

Renieri, E., Alegakis, A., Kiriakakis, M., Vinceti, M., Ozcagli, E., Wilks, M., Tsatsakis, A., 2014. "Cd, Pb and Hg Biomonitoring in Fish of the Mediterranean Region and Risk Estimations on Fish Consumption". *Toxics*, 2, 417-442.

Rocha, R., Pezzini, M., Poeta, J., 2017. "The Lead Contamination Sources and its Toxic Effects on Occupational Health". *Ciência em Movimento – Biociências e Saúde*, 19, 25-27.

Rubio, C., Hardisson, A., Reguera, J., Revert, C., Lafuente, M., Gonzalez-Iglesias, T., 2006. "Cadmium Dietary Intake in Kidneys and other Mammalian Organs". *Biometals*, 23, 897-926.

Santos, A., Mateus, M., Carvalho, C., Batoréu, M., 2007. "Biomarkers of Exposure and Effect as Indicators of the Interference of Selenomethionine on Methylmercury Toxicity". *Toxicology Letters*, 169, 121-128.

Schmidt, E., Arnesen, H., Caterina, R., Rasmussen, L., Kristensen, S., 2005. "Marine n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Coronary Heart Disease Part I. Background, Epidemiology, Animal Data, Effects on Risk Factors and Safety." *Thrombosis Research*, 115, 163-170.

SACN & COT, 2004. "Advice on Fish Consumption: Benefits & Risks". Scientific Advisory Committee on Nutrition and Committee on Toxicity, The Stationery Office, 23.

Sidhu, K., 2003. "Health Benefits and Potential Risks Related to Consumption of Fish or Fish Oil". *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38, 336-344.

Simopoulos, A., 2002. "Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases". *Journal of the American College of Nutrition*, 21, 495-505.

Snodgrass, W., 2016. "Heavy Metal Toxicology". University of Texas Medical Branch, 3, 328.

Stamatis, N., Kamidis, N., Pigada, P., Stergiou, D., Kallianiotis, A., 2019. "Bioaccumulation Levels and Potential Health Risks of Mercury, Cadmium, and Lead in Albacore (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre, 1788) from the Aegean Sea, Greece". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 821.

Stern, A., 2005. "A Review of the Studies of the Cardiovascular Health Effects of Methylmercury with Consideration of their Suitability for Risk Assessment". *Environmental Research*, 98, 133-142.

Tsuji, P., Galinn, S., Hartman, J., 2016. "Cancer: Diet in Cancer Prevention". In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.). *Encyclopedia of Food and Health* vol. 1, pp. 614-620, Academic Press, Oxford.

WHO, 2010. "Exposure to Lead: A Major Public Concern". Geneva, World Health Organization, Preventing Disease Through Healthy Environments, 1-3.

Zahir, F., Rizwi, S., Haq, S., Khan, R., 2005. "Low Dose Mercury Toxicity and Human Health". *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20, 351-360.